



Especialización en Prevención, Reducción y Atención de Desastres

EVALUACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA A ESCALA 1:5000 PARA EL POLÍGONO ORIENTAL DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO, NORTE DE SANTANDER, CONFORMADO POR LOS BARRIOS LA CRUZ Y CENTRO

Sara Darlyn Dayana Cabrejo Puerto



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

**EVALUACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA A ESCALA 1:5000 PARA EL
POLÍGONO ORIENTAL DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO, NORTE DE SANTANDER,
CONFORMADO POR LOS BARRIOS LA CRUZ Y CENTRO.**

Presentado por:

SARA DARLYN DAYANA CABREJO PUERTO

(Geóloga, Universidad de Pamplona)

MONOGRAFÍA DE GRADO

Asesor de Monografía:

FABER MOSQUERA ÁLVAREZ

(Ing. Agroindustrial, Universidad la Gran Colombia)

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
MANIZALES**

2022



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Universidad Católica de Manizales
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia
PBX (6)8 93 30 50 - www.ucm.edu.co

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
1. LOCALIZACIÓN TEMÁTICA	11
2. ANTECEDENTES	12
3. OBJETIVOS	14
3.1 Objetivo General	14
3.2 Objetivos Específicos	14
4. MARCO TEÓRICO	15
5. METODOLOGÍA	27
5.1 MÉTODO HEURÍSTICO.....	27
5.2 DETERMINACIÓN DE CADA INSUMO	28
5.2.1 GEOLOGÍA Y UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES	28
5.2.2 GEOMORFOLOGÍA.....	29
5.2.3 MAPA DE PENDIENTES.....	31
5.2.4 USO Y COBERTURA DEL SUELO.....	35
5.2.5 AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA.....	41
6. RESULTADOS	42
6.1 GEOLOGÍA.....	42
6.1.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	50
6.1.2 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS)	51
6.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	53
6.3 PENDIENTES	59
6.4 COBERTURAS Y USOS DEL SUELO.....	61
6.5 AMENAZA.....	66
6.5.1 Evaluación de la amenaza por movimiento en masa para el polígono oriental. .	66
7. DISCUSIÓN	69
8. CONCLUSIONES.....	70
9. RECOMENDACIONES.....	71
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
11. ANEXOS	74

LISTADO DE FIGURAS

Fig. 1 Mapa de localización, municipio de Santiago, Norte de Santander.....	9
Fig. 2 Diagrama de caída de Rocas.....	14
Fig. 3 Diagrama de vuelcos.....	15
Fig. 3 a. Diagrama de deslizamiento rotacional – b. Diagrama de deslizamiento traslacional.....	15
Fig. 4 Diagrama de desplazamiento lateral.....	23
Fig. 5 Diagrama de flujo de lodos.....	23
Fig. 6 Columnas de estoraque.....	27
Fig. 7. Tipo de patrón de cauce.....	30
Fig. 8 Ejemplificación de cruce de datos para determinación de amenaza por movimiento en masa con el método heurístico.....	32
Fig. 9. Esquema de jerarquización geomorfológica.....	35
Fig. 10. Proceso de generación de pendientes en ArcGis.....	37
Fig. 11. Procedimiento de reclasificación de pendientes.....	40
Fig. 12. Conversión de Ráster a Polígono.....	41
Fig. 13. Diccionario Territorios Artificializados.....	42
Fig.14. Diccionario de Territorios Agrícolas.....	42
Fig. 15. Diccionario de Bosques y Áreas Seminaturales.....	43
Fig. 16. Diccionario de superficies de agua y áreas húmedas.....	45
Fig. 17. Método de suavizado de polígonos o reducción de errores topológicos.....	47
Fig. 18 Descripción grafica de la tectónica de placas desde Pangea hasta el día de hoy.....	48
Fig. 19 Descripción gráfica de la tectónica de placas de Rodinia.....	50
Fig. 20 Descripción gráfica de las placas Nazca, Sudamérica y Caribe.....	51
Fig. 21 Mapa Geológico, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander.....	62
Fig. 22 -23 Litología meteorizada dispuesta en depósitos matriz soportados, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander.....	64
Fig. 24 Suelo residual, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander.....	66

Fig. 25 Afloramiento formación Colón – Mito Juan, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander.....	67
Fig. 26 Afloramiento formación Colón – Mito Juan, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander.....	68
Fig. 27 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales, Santiago, Norte de Santander.....	70
Fig. 28 Mapa de Unidades Geomorfológicas, Santiago, Norte de Santander.....	71
Fig. 29 Geoforma de Cauce Aluvial (Fca.), Santiago, Norte de Santander.....	71
Fig. 30 Geoforma de lomo denudado (Dldeal.), Santiago, Norte de Santander.....	72
Fig. 31 Geoforma de lóbulo de detritos (Dlcad.), Santiago, Norte de Santander.....	73
Fig. 32 Mapa de pendientes, Polígono Oriental - Santiago, Norte de Santander.....	74
Fig. 33 Mapa de Usos y Coberturas del Suelo, Polígono Oriental - Santiago, Norte de Santander.....	75
Fig. 34 Mapa de Amenaza para movimiento en masa, polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander.....	75

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de ambiente morfogenético.....	14
Tabla 2. Tipo de ambiente morfogenético.....	23
Tabla 3. Rangos de forma de la ladera.....	29
Tabla 4. Tipo de ambiente morfogenético.....	30
Tabla 5. Rangos y descripciones de las pendientes.....	31
Tabla. 6. Porcentaje de área para distribución de pendientes en el polígono oriental, Santiago, Norte de Santander.....	32
Tabla. 7. Coberturas y Usos de Suelo con los mayores porcentajes de ocupación del polígono oriental.....	34
Tablas. 8-9-10. Ponderaciones para cada categoría de mapeo (Coberturas, Geomorfología y Pendientes)	67
Tablas. 11-12. Ponderaciones para cada categoría de mapeo (Geología, Unidades Geológicas Superficiales)	68

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecerte padre amado y celestial por estar siempre a mi lado alentándome, compartiendo tu luz y sabiduría conmigo. Eres inmensurable y perfecto, tengo siempre presente que nunca han sido mis capacidades, más si tu respaldo lleno de amor y ciencia. Gracias a mis amados familiares que han luchado junto a mí en los momentos difíciles, gracias por creer en mí, por amarme y darme incluso lo que para ustedes no está demás, gracias padres, gracias tías, hermanas y a mi prima y amiga. No puede finalizar sin mencionar a mis verdaderos amigos, que han sido como mis hermanos y que me han acogido no solo en mi trayectoria sino también en sus almas, gracias a quienes siempre me esperaban en los viajes extenuantes. Gracias a los momentos de dificultad, pues aprendí de ellos que es posible soñar para sí mismo, pero sobre todo para apoyar a quienes lo necesitan y han sido víctimas de desastres que hoy día ya no son denominados naturales.

INTRODUCCIÓN

Colombia se encuentra situada en la convergencia de las placas de Nazca, Caribe y América del sur, lo que explica la presencia de cadenas montañosas, separadas por valles interandinos, favoreciendo los movimientos en masa. La confluencia de las condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas y de ocupación y de uso del suelo, hace que parte del territorio nacional sea especialmente susceptible a los movimientos en masa. Las zonas propensas se encuentran distribuidas en las cadenas montañosas del país, principalmente en la región Andina en donde se encuentran las principales ciudades y se asienta más del 70% de la población, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2017).

Entre los años 2011 y 2016 en el marco del Decreto Nacional 1807 de 2014 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el Servicio Geológico Colombiano SGC realizó un estudio donde identificó que del total del área del país cerca del 50% se encuentra categorizada en amenaza baja por movimientos en masa, 22% en amenaza media, 20% amenaza alta y 4 % en amenaza muy alta. (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2017)

Por consiguiente, y como parte de la temática de amenaza es importante evaluar los resultados después de dos décadas de la creación la ley 388 de 1997 de desarrollo territorial, que entre otra cosa creó y sistematizó algunos instrumentos de ordenamiento territorial, entre los que se encuentran los Planes de Ordenamiento Territorial -POT, los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial - PBOT y los Esquemas de Ordenamiento Territorial – EOT. No obstante, para el año 2020 el Instituto de Estudios Urbanos, de la Universidad Nacional de Colombia conversó con Dorys Patricia Noy Palacios, coordinadora de dicho año del Equipo de Asistencia Técnica para la Revisión de los planes de ordenamiento territorial de la dirección de Espacio Urbano y Territorial del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia – MVCT, quien explicó el estado actual de los POT en Colombia, llegando a la conclusión que de 1103 municipios del país, 827 cuentan con un EOT, 200 con PBOT y 73 con POT., en relación con los procesos de actualización de estos instrumentos se contaron con datos que indican que 134 municipios han avanzado en este proceso y 942 se encuentran en vía de hacerlo, (Universidad Nacional de Colombia, 2020).

Así mismo, no se puede dejar de lado el impacto negativo durante los procesos de actualización de los POT, PBOT y EOT a causa de la pandemia del Covid-2019 y que junto al cambio de administraciones en ciudades y municipios del país impidieron el avance de los procedimientos de actualización de los mismos. El departamento de Norte de Santander no ha sido la excepción, en la actualidad sólo el 30% de los municipios han finalizado su actualización de ordenamiento y uso del suelo, y el 70% restante avanzan en el proceso relativamente, o simplemente no se ha dado inicio de estos, por diversas razones que enmarcan el desconocimiento, carencia de recursos y en algunos casos desinterés por parte de las administraciones. El conocimiento del territorio, conforma la base para saber dar uso del suelo, organizarlo y avanzar hacia un desarrollo sostenible, a través de la prevención de eventos que inicialmente son naturales pero que se convierten en una amenaza una vez ocupamos de forma equívoca un territorio.

El municipio de Santiago de Norte de Santander, cuenta con un Esquema de Ordenamiento Territorial del año 2000, además de esto, su información en su mayoría hace parte de datos reales de otros municipios, convirtiéndose así, en uno de los municipios con mayor exposición y susceptibilidad a desconocer su territorio y vivenciar las consecuencias expresadas en la poca planificación y las situaciones de riesgo por amenazas de tipo movimiento en masa. A continuación, se pretende determinar la amenaza por movimientos en masa a escala 1:5000 del polígono oriental del municipio de Santiago, siendo este el más crítico del casco urbano por este tipo de eventos, como parte de los insumos requeridos dentro del decreto 1807 de 2014 para la incorporación de la ley 1523 del 2012 de gestión del riesgo dentro de la actualización de los esquemas de ordenamiento territorial.

1. LOCALIZACIÓN TEMÁTICA

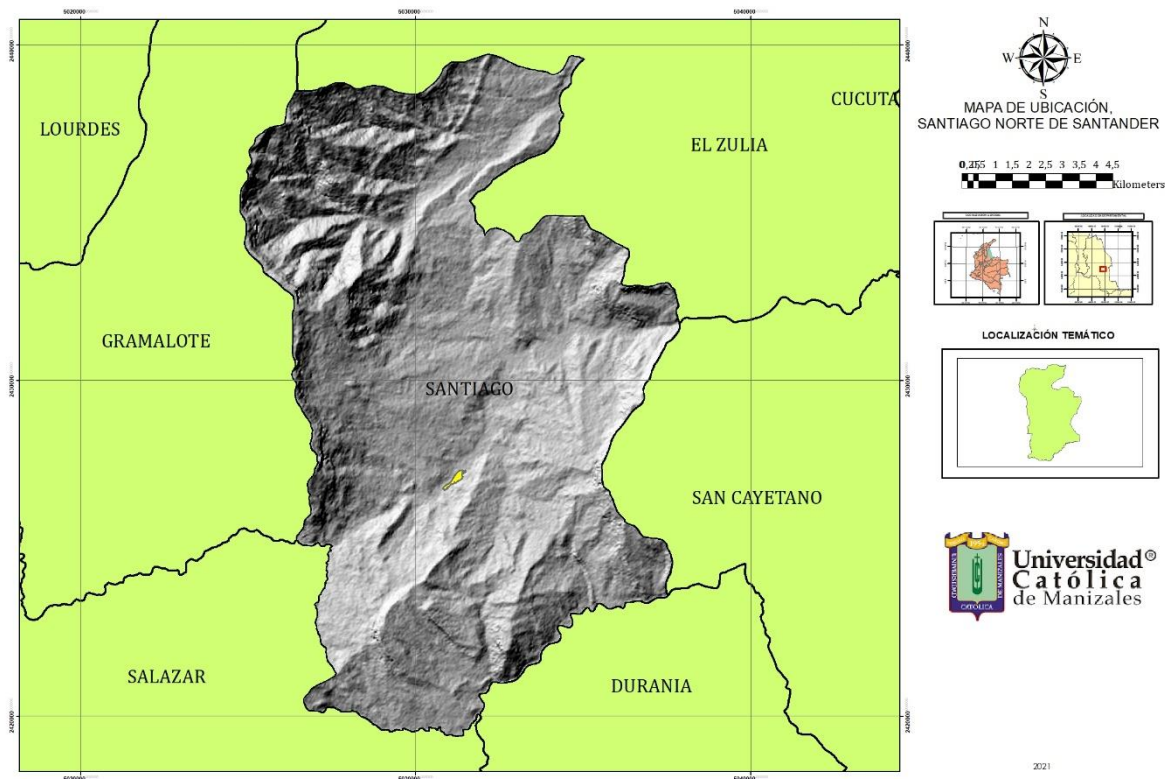


Fig. 1 Mapa de localización, municipio de Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

El municipio de Santiago está situado en el noreste de la región Andina, sobre la parte de la cordillera oriental, en el departamento Norte de Santander al oeste del municipio de Cúcuta, capital del departamento, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019). Sus límites se encuentran así (ver fig. 1): al norte y noroeste con los municipios del Zulia y San Cayetano, al sur con los municipios de Salazar y Durania y al oeste con el municipio de Gramalote. “El área total del municipio es de 17.985 ha, de las cuales 10,36 ha corresponden a la cabecera municipal (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019).

2. ANTECEDENTES

“En Colombia, entre los años 1921 y 2021 ocurrieron más de 14.150 eventos asociados a movimientos en masa registrados según la base de datos unificada del Consolidado Anual de Atención de Emergencias de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – **UNGRD** y **Desinventar** de la Corporación OSSO – Universidad EAFIT. La zona del país que más movimientos en masa tiene registro es la región Andina con un total de 93%, seguida de las regiones Pacífico y Caribe con menos del 5%, y el Amazonas y Orinoquía con datos cercanos al 2%”, (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres , S,f).

El 53% de Norte de Santander tiene áreas en condición de amenaza por inundación, movimientos en masa y flujos torrenciales, según reveló el más reciente informe del índice municipal de riesgo de desastres, del Departamento Nacional de Planeación. A su vez, se indica que el 32% del área departamental presenta susceptibilidad alta y muy alta por movimientos en masa, en tanto que el 35% del territorio es muy susceptible a flujos torrenciales. En total hay 10 municipios con mayores debilidades, estos son: el Tarra, Cúcota, Lourdes, San Calixto, Santiago, Cucutilla, Gramalote, Villa Caro, Arboledas y Durania, que tienen su ordenamiento territorial vencidos, (Servicio Geológico Colombiano (SGC) - Universidad Industrial de Santander (UIS) , 2022).

En un análisis más a detalle, se haya dentro de la información secundaria del Sistema de Información de Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano – SIMMA, el registro de los últimos movimientos en masa para el municipio de Santiago, Norte de Santander en una temporalidad desde 1991 hasta 2017, con diversos tipos de movimientos en masa clasificados entre flujos, deslizamientos y caídas. “En una temporalidad del año de 2002 – 2010 ocurrieron 75 eventos entre deslizamientos, flujos, caídas, 21 eventos en una temporalidad de 2011-2013 con deslizamientos, flujos y caídas, finalmente 56 eventos para la temporalidad de 2014-2017 con mayormente flujos y deslizamientos”, (Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA), 2017).

Finalmente, para el año 2022, (Secretaría de Planeación - Municipio de Santiago, Norte de Santander. , 2022) informa a través de múltiples actas en reunión con la Secretaría de

Gobierno, el presidente de la Junta de Acción Comunal, el área de Servicios Públicos, personería municipal y Secretaría de Planeación, los eventos concernientes a movimientos en masa ocasionados por los niveles de pluviosidad., dentro de estos se registran los siguientes ítems: el Cerro la Cruz, cuya base de dicha ladera aloja un porcentaje importante de habitantes del perímetro urbano del municipio presenta filtraciones de agua ocasionando flujos y movimientos de masa lenta, así mismo el desprendimiento de bloques y cantos registrados en el sector de la Balastrea, cuya área tiene una cercanía relativa con el perímetro urbano. Es importante mencionar, que el cerro la Cruz, está en contacto directo con los barrios de la parte oriental del municipio, a su vez con el colegio Santiago Apóstol y la casa de Cultura municipal.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar la amenaza por movimiento en masa a escala 1:5000 para el polígono oriental del municipio de Santiago, Norte de Santander, conformado por los barrios la cruz y centro, con miras a contribuir en la realización de conocimiento de gestión del riesgo municipal.

3.2 Objetivos Específicos

- Promover el conocimiento de la amenaza por movimiento en masa como parte del componente de riesgo con el fin de alentar la realización de estudios básicos dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Santiago y dar cumplimiento a la ley 388 de 1997 en unidad con la ley 1523 de gestión del riesgo de desastres.
- Elaborar una hoja de ruta para la aplicación de la metodología heurística como recurso de apoyo en la elaboración del mapa de movimiento en masa del perímetro urbano total del municipio de Santiago.
- Proporcionar un insumo a la administración municipal para complementar el estudio requerido para estudios de riesgo contemplado dentro del decreto 1232 de 2020.

4. MARCO TEÓRICO

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (ley 1523 de 2012 en (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres , 2017)).

Movimientos en masa: El término movimiento en masa incluye todos aquellos movimientos ladera debajo de masas de roca, detritos o tierras por efecto de la gravedad, (Cruden, 1991 en Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2017). Los movimientos en masa ocurren como deformaciones del terreno, movimientos de tipo viscos y otros desplazamientos de masas en cualquier parte de la tierra. Han acarreado en los últimos 60 años, junto con la erosión, enormes costos sociales y económicos en Colombia. Un gran número de sus poblaciones se ha edificado en laderas muy vulnerables, y algunas de ellas como Paz del río (Boyacá), Gramalote (Norte de Santander), San Cayetano (Cundinamarca) y varias del departamento de Nariño, se han debido reconstruir o reubicar a causa de este tipo de eventos, (Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2017).

Los movimientos de ladera o movimientos de masa se dividen tradicionalmente en cinco categorías:

Caídas: Corresponden a movimientos abruptos de masas de suelo, roca o materiales geológicos que se separan de un talud de pendiente pronunciada o acantilados (Cruden & Varnes, 1996 en (Salazar, 2017)). Se caracterizan por poca o nula deformación de la masa en movimiento, mayormente fragmentación de roca al chocar a rodar, y por una trayectoria de caída libre, rotatoria o en rebotes (Hung et al., 2014 en (Salazar, 2017)) (ver fig.2).



Fig. 2 Diagrama de caída de Rocas, Fuente: Highland, L.M., Bobrowsky, Peter en Salazar, 2017.

Vuelcos: Los vuelcos se consideran aquellos movimientos rotacionales hacia adelante y fuera del talud de una o varias unidades de suelo, roca u otro material geológico a partir de un punto pivotante o eje situado por debajo del centro de gravedad de la misma. El origen de la misma suelen ser fuerzas de unidades adyacentes o por fluidos en las grietas y fallas del talud (ver fig. 3) (Cruden et al., 1993; Cruden & Varnes, 1996).

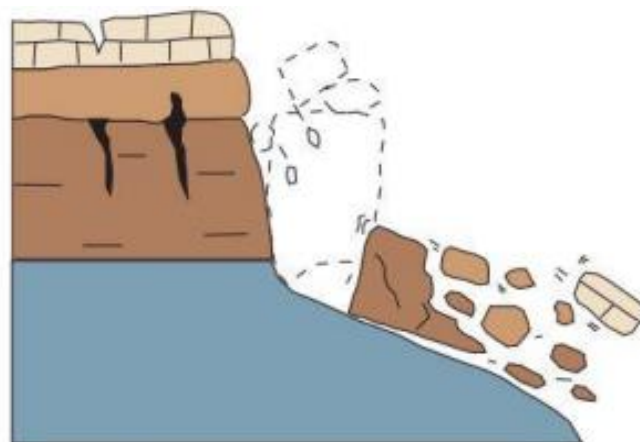


Fig. 3 Diagrama de vuelcos, Fuente: Highland, L.M., Bobrowsky, Peter en Salazar, 2017.

Deslizamiento Rotacional: Este tipo de movimiento con superficie de falla profunda ocurre en taludes conformados por capas gruesas homogéneas de arcilla o shale. También se presenta en materiales granulares o en macizos de roca muy fracturada, en los cuales la presión de poros es suficientemente alta para generar una falla rotacional en vez de traslacional, (ver fig. 3a) (Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2017).

Deslizamiento Traslacional: Según Hutchinson (1988), este tipo de deslizamientos involucra falla por cortante a lo largo de una superficie casi planar en el sentido de la ladera, a veces canalizada en sección transversal. El material se desplaza casi en forma paralela a la pendiente del terreno y la relación D/L es de 0,1 o menos, (ver fig. 3b) (Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2017).

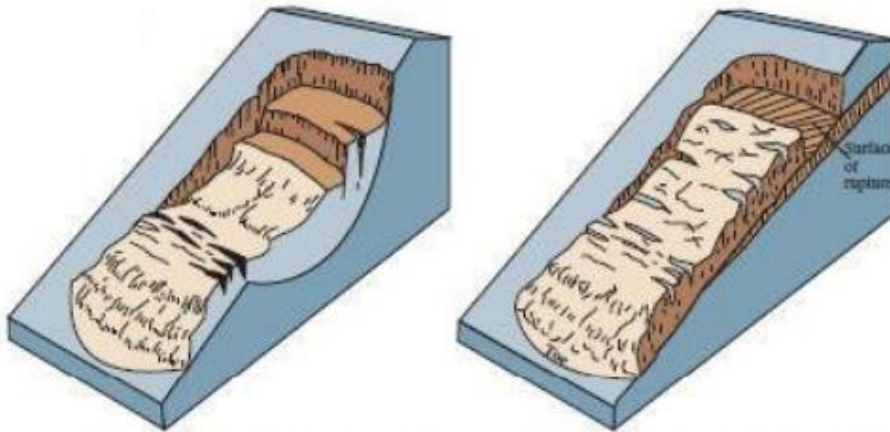


Fig. 3 a. Diagrama de deslizamiento rotacional – b. Diagrama de deslizamiento traslacional, Fuente: Highland, L.M., Bobrowsky, Peter en Salazar, 2017.

Propagación lateral: La propagación o extensión lateral se caracteriza por ocurrir en terrenos de pendiente baja o moderada. La causa del mismo es un proceso de licuefacción de los materiales. La superficie de falla no suele ser de corte intenso, más bien producida por la

ruptura de un material cohesivo o roca superior que yace sobre un material más blando, (ver fig. 4) (Salazar, 2017).

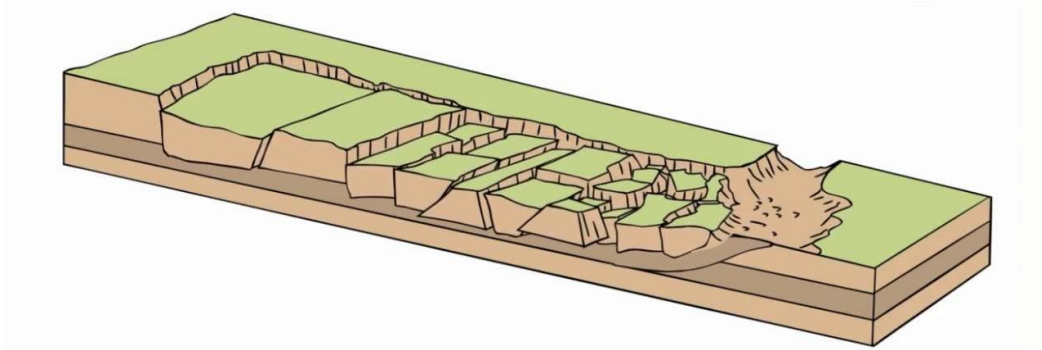


Fig. 4 Diagrama de desplazamiento lateral. Fuente: Highland, L.M., Bobrowsky, Peter en Salazar, 2017.

Flujos: Movimientos especialmente continuos de una masa de tierra, escombros y otros materiales geológicos. El movimiento y velocidad de la misma se presenta como movimiento de una sustancia viscosa y una deformación plástica del perfil del suelo, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019).

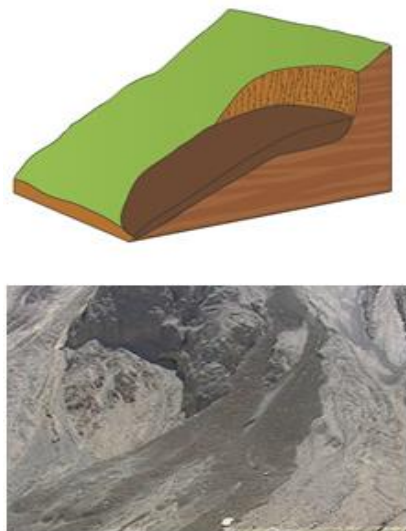


Fig. 5 Diagrama de flujo de lodos. Fuente: Highland, L.M., Bobrowsky, Peter en Salazar, 2017.

Ley 388 de 1997: Contempla dentro de sus objetivos el establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes, (EVA, Espacio Virtual de Asesoría , 2022).

Decreto 1232 del 2020: Se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo. Esta ley enmarca las políticas que rigen el instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal. Dentro del decreto se contemplan las etapas del proceso de planificación del ordenamiento territorial, correspondientes a: diagnóstico, formulación, implementación y seguimiento y evaluación, (EVA, Espacio Virtual de Asesoría , 2022).

Decreto 1077 de 2015: Según (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD, 2016), es el decreto por el cual se expide el decreto único reglamentario del sector vivienda, ciudad y territorio. El decreto 1077 de 2015 establece las condiciones mínimas para adelantar estudios básicos en el marco de la revisión de contenidos de mediano y largo plazo y en la expedición de un nuevo POT con resultados enfocados a:

- ✚ La delimitación y zonificación del área de amenazas asociados a fenómenos de remoción en masa, inundación lenta y avenida torrencial.
- ✚ La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.
- ✚ La determinación de las medidas de reducción de riesgo.
- ✚ La definición de otros fenómenos a las que esté expuesto el municipio

Gestión del Riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una

mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (ley 1523 de 2012 en (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres , 2017)).

Geología: La geología es la rama de las ciencias naturales que estudia la historia, la composición, la estructura y los procesos de la tierra, más específicamente de las rocas que constituyen nuestro planeta desde la superficie hasta 100 0 200 kilómetros de profundidad. Como ciencia, la geología aplica métodos y teorías de la física, de la química, de las matemáticas y de la biología, la cual constituyen las principales ciencias conexas. (Iriondo, 1985)

La geología es una ciencia relativamente joven, con un fuerte componente histórico y basado fundamentalmente en la observación. Su historia nos permite observar la influencia que las diversas hipótesis geológicas han tenido sobre el conocimiento global de cada época, (Fernández, S,f).

Geomorfología: Etimológicamente, Geomorfología deriva de las raíces griegas geo (tierra), morphos (forma) y logos (tratado). Por lo tanto, esta ciencia se preocupa de la forma de la tierra. Schumm (1991) define la geomorfología como la ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se preocupa de las interacciones entre varios tipos de materiales y procesos, implicando los sólidos, líquidos y gaseosos, (Ver fig. 6). Algunos autores restringen la geomorfología al estudio de los rasgos del relieve subaéreo y algunos, por el contrario, lo extienden también a la morfología de los fondos marinos. Incluso, se considera englobada dentro de la geomorfología, la investigación de las formas del relieve de otros planetas; esta ciencia se denomina geomorfología planetaria (Greeley, 1985; Baker, 1993, 2001, 2004 en Elorza, 2008).



Fig. 6 Columnas de estoraques. Fuente: EcuRed, S,f

Parámetros Asociados

Para definir correctamente las subunidades geomorfológicas que conforman el mapa geomorfológico a escala 1:5000, es importante identificar y caracterizar las geoformas desde los siguientes puntos de vista: morfogénesis, morfología, morfometría y morfodinámica descritas por (Carvajal, 2011 en (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)).

Morfogénesis

Implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos y la modificación de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), qué actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempos geológicos, modelando el terreno, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Morfología

“Está relacionado con los aspectos de la geometría e incluye fundamentalmente los gradientes topográficos y las formas relativas”, (Servicio Geológico Colombiano, 2012 citado en (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)).

MORFOGÉNESIS
Morfoestructural
Volcánico
Denudacional
Fluvial - Deltaico -Lagunar
Marino - Costero
Glaciar
Eólico
Kárstico
Antropogénico / Biológico

Tabla 1. Tipo de ambiente morfogenético. Fuente: (Servicio Geológico Colombiano & Universidad Industrial de Santander, 2015)

Morfometría

Trata de aspectos cuantitativos en términos de medidas de longitud, área, forma y pendiente. También se incluye la comparación según la relación geométrica entre las diferentes posiciones espaciales”. Los componentes del terreno para su descripción son:

Inclinación de ladera: es el ángulo que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal. La inclinación de la ladera está relacionada con el tipo de material que conforma

la unidad morfológica y con la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de movimientos en masa (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022), (ver tabla 2).

INCLINACIÓN (porcentaje)	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL Y COMPORTAMIENTO
0-12%	Subhorizontal	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa (MM).
12-50%	Moderada	Moderadamente Blanda a moderadamente resistente y Moderada susceptibilidad a MM.
50-75%	Muy inclinada y escarpada	Moderadamente Resistente y Moderada susceptibilidad a MM.
> 75%	Muy inclinada y Escarpada.	Muy Resistente y Alta susceptibilidad a MM.

Tabla 2. Tipo de ambiente morfogenético. Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

Forma de la ladera: refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia o control de estructuras geológicas. También condiciona los tipos de movimientos en masa que pueden desarrollarse en una ladera. Es común relacionar movimientos rotacionales a pendientes cóncavos y convexas y movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente o movimientos complejos a pendientes irregulares, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Patrón de drenaje: es la distribución de todos los canales de drenajes superficiales en un área que esté ocupada o no por aguas permanentes. El patrón de drenaje está controlado por

la inclinación del terreno, tipo y estructura geológica de la roca subyacente, densidad de vegetación y las condiciones climáticas, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Forma de crestas y valles: las divergencias entre las formas características que presenta el relieve se consideran como un parámetro de agrupamiento establecido es la apariencia superficial de la geoforma. Crestas agudas de cimas bien definidas con laderas de pendientes abruptas, contrastan con cimas anchas de laderas de pendiente inclinada; conjuntamente la presencia de valles con una forma definida y crestas alineadas que describen una orientación típica, sugieren un tipo de control estructural o de competencia de los materiales que recubren la geoforma, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022) (tabla 3).

CLASE	CARACTERÍSTICAS MATERIAL	MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente.	Movimiento Traslacional.
Cóncava	Material blando y disposición estructural no diferenciado.	Deslizamiento Rotacional.
Convexa	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal.	Predomina Meteorización y Erosión. Pequeños deslizamientos rotacionales.
Irregular, o escalonada	Materiales con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de Bloques. Erosión Diferencial.
Compleja	Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida.	Deslizamientos Complejos

Tabla 3. Rangos de forma de la ladera. Fuente: (Servicio Geológico Colombiano & Universidad Industrial de Santander, 2015 en Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

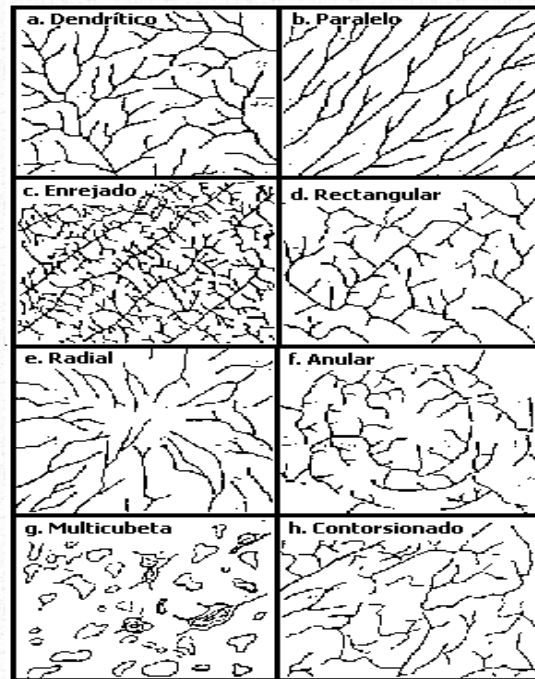


Fig. 7. Tipo de patrón de cauce. Fuente: (Howard, 1967 en Escuela Colombiana de Ingeniería. Centro de Estudios Hidráulicos y Ambientales., S,f)

FORMA DE CRESTA	FORMA DE VALLE
Aguda	Artesa
Redondeada	Forma de V
Convexa amplia	Forma de U
Convexa plana	
Plana	
Plana disectada	

Tabla 4. Tipo de ambiente morfogenético. Fuente: (Servicio Geológico Colombiano (SGC) - Universidad Industrial de Santander (UIS) , 2022 en Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

Morfodinámica: la morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas o unidades de terreno, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

La caracterización morfodinámica permite identificar y definir la evolución de los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa), que han ocurrido en un área determinada y permiten dilucidar el futuro, particularmente en términos de estabilidad de un terreno. Como procesos erosivos se pueden identificar: erosión laminar, surcos (<150 cm de prof.). Por otro lado, los movimientos en masa se clasifican en: caídas de roca, volcamiento, deslizamiento de roca o suelo, propagación lateral, flujo y reptación, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

5. METODOLOGÍA

5.1 MÉTODO HEURÍSTICO

Los métodos Heurísticos se basan en el estudio conceptual de los procesos de ocurrencia de los movimientos en masa y requiere el análisis por parte de profesionales con base al territorio y a los procesos requeridos para determinar la amenaza del mismo. “El conocimiento requerido para la determinación de la amenaza por movimiento en masa en el método heurístico, se realiza a través de fotointerpretación y trabajo de campo”, (Molina, S,f).

“El procedimiento de análisis y procesamiento de datos recolectados en campo y a través de la fotointerpretación está basado en la asignación subjetiva de pesos o valores a los factores relevantes y a las subclases para obtener una suma de susceptibilidad a amenaza relativa”, (Molina, S,f) .

No obstante, en el método Heurístico en términos generales se emplea un análisis multicriterio que involucra la utilización de datos geográficos, debiéndose establecer las preferencias y combinaciones de los datos de acuerdo a reglas de decisiones específicas que han sido implementados en ambiente SIG, ((Malczewsky, 2006 en (Molina, S,f)). Para efectos de los análisis heurísticos para determinar la susceptibilidad a amenaza relativa, se propone la utilización de procesos de análisis jerárquicos y la combinación por operadores borrosos (lógica difusa) (Molina, S,f).

El método heurístico puede resumirse en la figura (Ruff & Czurda, 2008; Ercanoglu et al., 2008; Soeters & Van Westen, 1996, en (Molina, S,f):

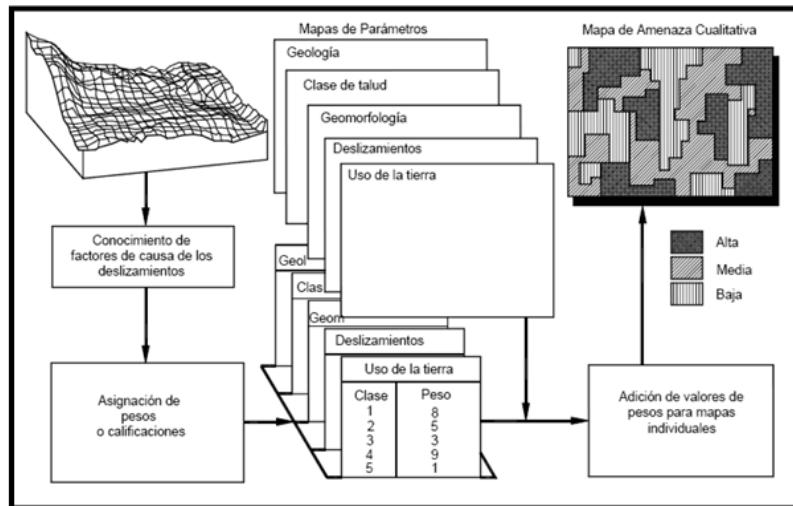


Fig. 8 Ejemplificación de cruce de datos para determinación de amenaza por movimiento en masa con el método heurístico.

5.2 DETERMINACIÓN DE CADA INSUMO

Con base a la descripción anterior y a los procedimientos realizados en conjunto con el equipo de profesionales de la Universidad de Pamplona y la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental – CORPONOR para la determinación de la amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 y 1:5.000, se referencian los procedimientos a realizar dentro de la metodología para cada insumo requerido:

5.2.1 GEOLOGÍA Y UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES

Para la realización de los mapas de geología y de unidades geológicas superficiales se deben desarrollar las siguientes actividades:

- La cartografía geológica a escala 1:5000 según lo establecido en el decreto 1807 de 2014, para estudios básicos de amenaza en zona urbana.

- Revisar la bibliografía y cartografía, donde se consulta a las entidades del orden oficial y privado con el fin de recolectar información disponible en cuanto a cartografía geológica, topografía e imágenes de satélite.
- Trabajo de campo, donde se identifican las características litológicas (composición, tamaño de grano, textura, compactación), situación estructural (afectación por fallamiento, grado de fracturamiento y plegamiento) y grado de meteorización, entre otros aspectos, con el fin de complementar la información de análisis de imágenes satelitales.
- Evaluar y procesar la información de campo, elaborar los mapas preliminares de geología general y unidades geológicas superficiales.
- Digitalizar los mapas.
- Elaborar la memoria técnica explicativa

5.2.2 GEOMORFOLOGÍA

Para la jerarquización geomorfológica se emplea la metodología del International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (I. T. C, por sus siglas en inglés), encontrada en su documento: El sistema I.T.C, para levantamientos geomorfológicos, elaborada por Verstappen y Van Zuidam (1992) y adoptada por Carvajal (2012). Esto relaciona las escalas de trabajo con las jerarquías geomorfológicas, en donde el nivel más regional busca representar el origen de las geformas y los ambientes morfogenéticos asociados, mientras que el nivel más detallado muestra las expresiones morfológicas, los procesos morfodinámicos y la influencia de la litología además de los ambientes morfogenéticos (Carvajal, 2011), (ver fig 9).



Fig. 9. Esquema de jerarquización geomorfológica. Fuente: (Servicio Geológico Colombiano & Universidad Industrial de Santander, 2015)

Teniendo en cuenta la jerarquización propuesta por el (SGC , 2012) y considerando que la escala del presente estudio es 1:5000, se asignará como unidad fundamental el elemento geomorfológico (escala mayor a 1:10.000), definida por contrastes morfométricos y morfológicos que relacionan el tipo de material y la disposición estructural de los mismos. Estas, se encuentran asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Según (Carvajal, 2002) los requisitos mínimos para la definición de símbolos en la cartografía de subunidades geomorfológicas, es que para la notación se propone usar abreviatura de hasta 6 caracteres; el primero en mayúscula. El primer carácter se utiliza para identificar el ambiente morfogenético principal, eje: (denudativo D, Glacial G, Eólico E, Antropogénico A). Se utilizan en el segundo, tercero y cuarto carácter letras adicionales que especifican las iniciales del nombre de la geofoma típica de cada ambiente morfogenético eje: Escarpe de erosión mayor junto con el ambiente denudacional sería (Deem).

5.2.3 MAPA DE PENDIENTES

Mediante la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, se hace posible definir las tasas máximas de cambio en los valores altitudinales de un punto en relación a sus vecinos más cercanos, lo cual se conoce como “pendiente”. Este cálculo se realiza empleando el software ArcMap de ESRI, empleando la siguiente ecuación para cada municipio, con el fin de obtener la delimitación por pendientes de cada uno de ellos, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

$$\theta(\%) = 100x\left(\frac{h_2 - h_1}{D_H}\right)$$

h_1 : Altura en la primera celda evaluada

h_2 : Altura en la segunda celda evaluada

D_H : Distancia entre las celdas

θ : Tasa de cambio o Pendiente

La aplicación del proceso dentro de ArcMap se da de la siguiente manera:

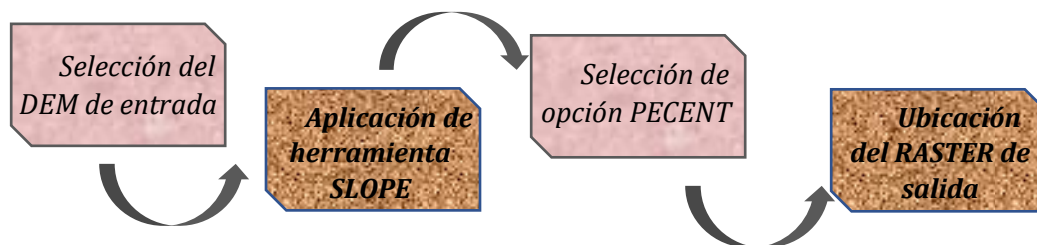


Fig. 10. Proceso de generación de pendientes en ArcGis. Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

Con los resultados obtenidos se procede a reclasificar los valores dentro de las categorías establecidas por el IGAC, los cuales se presentan a continuación:

ID	RANGO	DESCRIPCIÓN
1	0-3%	A nivel
2	3-7%.	Ligeramente Inclinada
3	7-12%	Moderadamente Inclinada.
4	12-25%	Fuertemente Inclinada
5	25-50%	Ligeramente empinada o escarpada
6	50-75%	Moderadamente empinado o escarpada
7	>75%	Fuertemente empinada o escarpada

Tabla 5. Rangos y descripciones de las pendientes. Fuente: (IGAC, S.f en Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

Esta operación no es una cosa distinta a tomar los valores de cada celda donde se ubican las tasas de cambio de cada una de ellas y reescribirlos en nuevos códigos, lo cual se dan por la clasificación presentada anteriormente, lo que quiere decir que todas las celdas que tengan valores entre el 0 y <3, obtendrán un nuevo valor de 1, las que tengan valores entre 3 y <7 % tendrán valores de 2 y así sucesivamente para cada una de las categorías posibles, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

El proceso de reclasificación se realiza empleando la herramienta de Reclassify de la siguiente manera:

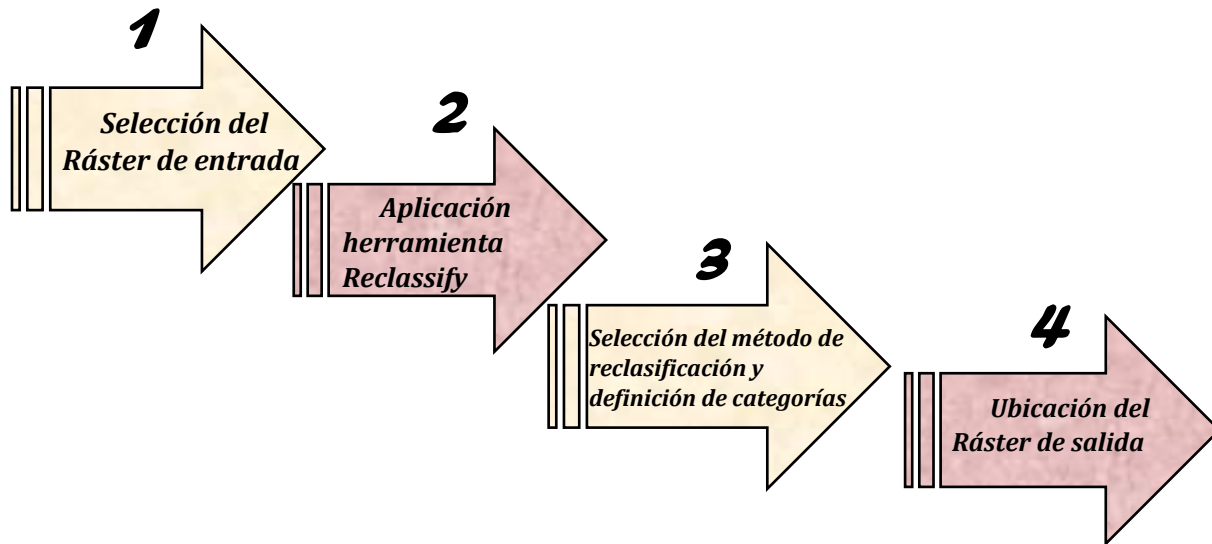


Fig. 11. Procedimiento de reclasificación de pendientes. Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

Una vez realizada la reclasificación, se procede a convertir el nuevo ráster en un archivo de tipo vectorial, con el fin de poder trabajar con los elementos de manera geométrica, dentro de este tratamiento básicamente se busca poder simplificar o disolver los miles de polígonos resultantes en las 7 categorías y posteriormente calcular las áreas.

Este procedimiento se realiza mediante la aplicación de la herramienta “raster to pllygono” la cual convierte un dataset ráster en entidades poligonales como se observan en la figura:

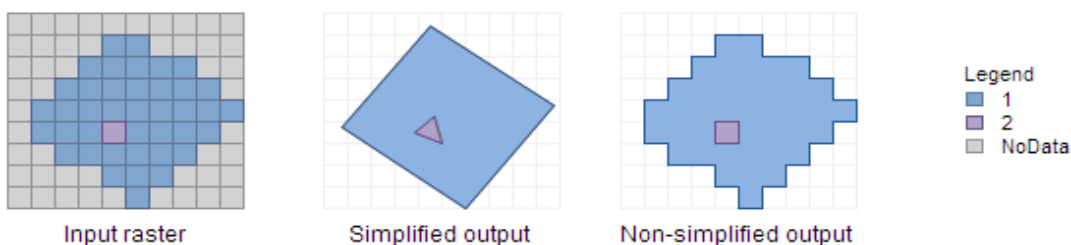


Fig. 12. Conversión de Ráster a Polígono. Fuente: (ESRI Help, S/en Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

Con los resultados en formato vectorial y geometría de tipo polígono, se realiza la adición de un campo adicional en las tablas de los shapes, en el cual mediante la opción “calculate geometry” se obtienen las áreas para cada uno de los features registrados dentro de las capas de cada municipio, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Posteriormente, en un nuevo campo se emplea la herramienta field calculator, con el fin de calcular la relación o porcentaje de cada una de las categorías presentes en cada municipio vs la totalidad de la superficie del mismo, para esta operación se emplea la siguiente ecuación:

$$\%_A = \left(\frac{A_C}{A_T} \right) * 100$$

Donde:

$\%_A$: Porcentaje de Área de la Categoría

A_C : Área de la categoría

A_T : Área total del Municipio

Finalmente, con cada uno de las capas del municipio, se procede a exportar las tablas en formato Excel con el fin de realizar posteriormente la descripción del municipio. Este proceso se realiza empleando la herramienta “table to Excel” la cual convierte una tabla en un archivo de Microsoft Excel.

Los resultados obtenidos son representados gráficamente con la superficie de cada municipio, aplicando una paleta de colores que inicia en verde y termina en rojo, para representar desde los lugares del territorio en los que se tiene pendientes con la clasificación a nivel, hasta los lugares en la categoría de “fuertemente empinado o escarpado” asociando la tonalidad roja a esta última categoría, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

5.2.4 USO Y COBERTURA DEL SUELO

Elaboración de coberturas de la tierra a partir de la Fotointerpretación de imágenes satelitales.

Inicialmente para la construcción de la leyenda se deben definir los siguientes criterios: la unidad mínima cartografiable para cascos urbanos con una escala 1:5000 es de 1.25 hectáreas en territorios artificiales y para las demás áreas con esta misma escala es de 0,25 hectáreas. Para la unidad mínima cartografiable para la zona rural con una escala de 1:25000 es de 1,25 hectáreas, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Búsqueda y descarga de imágenes satelitales

Para esto se deben emplear los satelitales landsat 7 y sentinel 2 combinadas con el sensor Maxent para obtener las mejores imágenes en términos de resolución espacial, espectral y temporal con un periodo de temporalidad para el 2021-2022, con el fin de emplearlas en las delimitaciones de las diferentes unidades. Además, estas se deben validar con las siguientes bases de datos: Google Earth, Google Maps, ESRI, OpenStreetMap, Bing Maps, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona - UP, 2022).

Delimitación de áreas mediante polígonos.

Una vez obtenidas las imágenes de insumo para la interpretación de coberturas, se procede a la identificación de los elementos a cartografiar con la delimitación de las áreas del casco urbano y rural con polígonos límites o guía que permiten establecer el área de trabajo para

la cual se realizara el proceso de identificación. Para la fotointerpretación de las coberturas en el área de estudio se tomaron como referencia los patrones de coberturas a partir del primer nivel de coberturas, mediante la metodología CORINE Land Cover adaptado para Colombia. Posteriormente, mediante una clasificación supervisada se crearon firmas apropiadas para las coberturas diseñadas por el analista previo a la identificación sistemática por medio del método de interpretación denomina PIAO (Photo Interpretation Assisté par Ordinateur) que consiste en delimitar mediante un programa de SIG las unidades de cobertura directamente sobre la pantalla. Por tanto, en este tipo de clasificación se debe capturar cada firma o cobertura manualmente, por lo que se es necesario reconocer los patrones, formas, su naturaleza, límites y sus relaciones con el medio, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona - UP, 2022).

Codificación de las coberturas.

Una vez identificadas las formas, se procede a realizar la codificación, teniendo en cuenta lo establecido por la leyenda Corine Land Cover adaptada para Colombia, desarrollada de manera conjunta para el IDEAM y el IGAC en el 2010. Para esto, se consideraron tres categorías: Nivel 1 (territorios Artificializados, territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua), Nivel 2 (13 subcategorías), Nivel 3 (57 subcategorías), (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Nivel 1, 2 y 3:

A) Territorios artificializados:

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	1.1.1.1. Ciudad capital 1.1.1.2. Casco Urbanos			
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1.1.2.1. Otros tejidos urbanos discontinuos 1.1.2.2. Área urbana con espacios verdes en el interior			
		1.1.3. Construcciones rurales	1.1.3.1. Vivienda rural dispersa - Vivienda Campesina o del productor agrícola 1.1.3.2. Vivienda rural nucleada - Centro poblado - Asentamientos rurales Inspecciones de policía 1.1.3.3 Condominio de vivienda con encerramiento			
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales 1.2.1.2. Zonas comerciales			
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	1.2.2.1.1. Red vial	1.2.2.1.1.1. Vía pavimentada 1.2.2.1.1.2. Vía sin pavimentar	
				1.2.2.1.2. Terrenos asociados a la red vial	1.2.2.1.2.1. Paradero, parqueadero y/o terminal. 1.2.2.1.2.2. Estación de servicio y/o taller automotriz 1.2.2.1.2.3. Hospedaje y/o restaurante asociado a red vial. 1.2.2.1.2.4. Separadores viales	
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.2. Red ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.2.1. Red ferroviaria	1.2.2.2.1. Red ferroviaria	
	1.2.2.2.2. Terrenos asociados a la red ferroviaria			1.2.2.2.2. Terrenos asociados a la red ferroviaria		

Fig. 13. Diccionario Territorios ArtificIALIZADOS. Fuente: (Leyenda Corine Land Cover en CORANTIOQUIA & CORNARE, 2016)

B) Territorios Agrícolas:

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	2.1. Cultivos transitorios	2.1.1. Otros cultivos transitorios			
		2.1.2. Cereales	2.1.2.1. Arroz 2.1.2.2. Maíz 2.1.2.3. Sorgo 2.1.2.4. Cebada 2.1.2.5. Trigo		
		2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	2.1.3.1. Algodón 2.1.3.2. Ajonjolí 2.1.3.3. Frijol 2.1.3.4. Soya		
		2.1.4. Hortalizas	2.1.4.1. Cebolla 2.1.4.2. Zanahoria 2.1.4.3. Remolacha 2.1.4.4. Tomate 2.1.4.5. Aji 2.1.4.6. Ahuyama 2.1.4.7. Pimentón 2.1.4.8. Repollo 2.1.4.9. Lechuga 2.1.4.10. Coliflor 2.1.4.11. Apio 2.1.4.12. Brócoli 2.1.4.13. Berenjena 2.1.4.14. Calabaza 2.1.4.15. Ajo		
		2.1.5. Tubérculos	2.1.5.1. Papa 2.1.5.2. Yuca		
2. AGRICOLAS	2.1. Cultivos permanentes	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos 2.2.1.2. Caña 2.2.1.3. Plátano y banano 2.2.1.4. Tabaco 2.2.1.5. Papaya 2.2.1.6. Amapola 2.2.1.7. Fresa 2.2.1.8. Piña 2.2.1.15. Flores y follajes 2.2.1.16. Curuba		

Fig.14. Diccionario de Territorios Agrícolas. Fuente: (Leyenda Corine Land Cover en CORANTIOQUIA & CORNARE, 2016)

C) Bosques y áreas seminaturales:

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales			
3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso	3.1.1.1. Bosque denso alto 3.1.1.2. Bosque denso bajo		
		3.1.2. Bosque abierto	3.1.2.1. Bosque abierto alto 3.1.2.2. Bosque abierto bajo		
		3.1.3. Bosque fragmentado	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos 3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria		
		3.1.4. Bosque de galería o ripario	3.1.4.1. Guadua asociada a cuerpos de agua 3.1.4.2. Bosque de galería arbolado 3.1.4.3. Bosque de galería con arbustal y herbazal 3.1.4.4. Bosque de galería mixto		
		3.1.5. Plantación forestal	3.1.5.1. Plantación de coníferas 3.1.5.2. Plantación de latifoliadas 3.1.5.3. Mixta: Plantación y espacios naturales		
3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1. Herbazal	3.2.1.1. Herbazal denso 3.2.1.2. Herbazal abierto		
		3.2.2. Arbustal	3.2.2.1. Arbustal denso 3.2.2.2. Arbustal abierto		
		3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta 3.2.3.2. Vegetación secundaria baja		
	3.3. Áreas abiertas, sin o	3.3.1. Zonas arenosas naturales	3.3.1.1. Playas 3.3.1.2. Arenales		

Fig. 15. Diccionario de Bosques y Áreas Seminaturales. Fuente: (Leyenda Corine Land Cover en CORANTIOQUIA & CORNARE, 2016)

D) Superficies de agua y áreas húmedas:

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
	con poca vegetación	3.3.2. Afloramientos rocosos	3.3.2.1. Afloramiento rocoso masivo 3.3.2.2. Afloramiento rocoso fragmentado		
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	3.3.3.1. Áreas erosionadas 3.3.3.2. Remoción en masa		
		3.3.4. Zonas quemadas	3.3.4.1. Zonas quemadas naturales 3.3.4.2. Zonas quemadas antrópicas		
4. ÁREAS HÚMEDAS	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Humedales y Zonas Pantanosas			
		4.1.2. Turberas			
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpo de agua	4.1.3.1. Vegetación acuática flotante 4.1.3.2. Vegetación acuática enraizada		
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos, (quebradas y rondas)			
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales			
		5.1.3. Canales - (Vallados y acequias)			
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.1. Embalses 5.1.4.2. Estanques para acuicultura continental		

Fig. 16. Diccionario de superficies de agua y áreas húmedas. Fuente: (Leyenda Corine Land Cover en CORANTIOQUIA & CORNARE, 2016)

Suavizar entidades

A cada uno de los polígonos resultantes del proceso de delimitación, se les aplicó la técnica de suavizado de vértices, con el fin de reducir los resultados de bordes en forma de punta y mejorar el grado de semejanza con la realidad terrestre, a continuación se esquematiza el procedimiento empleado, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

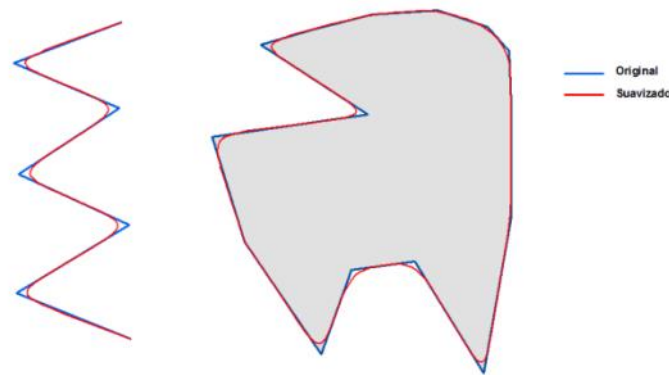


Fig. 17. Método de suavizado de polígonos o reducción de errores topológicos. Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

5.2.5 AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA

Para realizar el cálculo de las amenazas por remoción en masa de cada temática se debe calificar aplicando los parámetros respectivos, calificando los polígonos que la componen de una forma adecuada y buscando la semejanza a la realidad.

Respecto a la geología las unidades aflorantes según la litología que las componen donde a partir de los elementos básicos de las propiedades y características de los materiales rocosos se clasifican las rocas, donde se consideran atributos de textura / fábrica, densidad de fracturamiento, dureza y origen asociado con la probabilidad de relacionarse con procesos desestabilizantes en las diferentes unidades.

Para la geomorfología se considera como parámetro los atributos de morfometría, morfodinámica y morfogénesis, relacionados al análisis geomorfológico, donde dependiendo el origen de cada geoforma y el proceso de formación o acumulación de estas, se le asignara un valor.

Las pendientes presentes en la cuenca se manifiestan como un valor determinante en la clasificación de este fenómeno es decir la influencia directa de la pendiente con los fenómenos de remoción en masa.

Para inferir la capacidad y respuesta orientada a la posibilidad de deterioro estimando que tan susceptible o predispuesto se esté a algún de amenaza, se requiere evaluar características a partir de algunas variables propias de la condición natural de los suelos y otras que se pueden deducir. Para lo cual el uso y cobertura actual propende de una información valiosa.

Finalmente, a través de un ejercicio cartográfico sencillo donde las temáticas nombradas se califican bajo la experticia y parámetros definidos por las metodologías, se cruzan y generan el mapa de amenazas.

6. RESULTADOS

Con base a la metodología anteriormente descrita se elaboraron los siguientes insumos a través de información levantada en campo y apoyada en fuentes de información secundaria.

6.1 GEOLOGÍA

Durante el paleozoico medio y superior, el margen pacífico de las Américas fue modificada por el crecimiento de diferentes orógenos acrecionales, asociados a la subducción continua de la placa oceánica del pacífico y a la aproximación de masas continentales de diferentes terrenos continentales para construir el super continente Pangea, (Nance et al., 2010; Cawood y Buchan, 2007., en Cardona, 2012)

Durante esa época, el régimen tectónico en el norte de sur América presenta claramente dos sistemas orogénicos, cuya distribución espacial y elementos geológicos no han sido definidos completamente: 1. Un orógeno colisional continente – continente, que en el norte de Sudamérica estaría registrando la interacción de Gondwana con Norteamérica (Lauria); y 2. Un orógeno acrecional, formado por la subducción del océano pacífico bajo el margen

continental, lo que permite la construcción de diferentes arcos magmáticos y la acreción de algunos terrenos continentales (ver fig.18) (Cawood y Buchan , 2007., en Cardona, 2012)



Fig. 18 Descripción grafica de la tectónica de placas desde Pangea hasta el día de hoy. Fuente: Google Images

El océano pacífico se formó durante el Neoproterozoico, como resultado de la fragmentación continental de Rodinia (ver fig. 19)., el registro de esta apertura y el comienzo de la convergencia a través de la iniciación de la subducción que se extiende a lo largo del margen Gondwana se preservan en el orógeno acreacionado Terra Australis. Los segmentos de la secuencia orogénica continental, en el margen occidental de Gondwana, se extienden desde el sur África hasta sur América. En el caso de la cordillera de los Andes, al norte de sur América, los elementos asociados a esta compleja evolución tectónica han sido cubiertas por los eventos tectónicos posteriores relacionados con la orogenia Andina, (Cawood y Buchan , 2007., en Cardona, 2012)

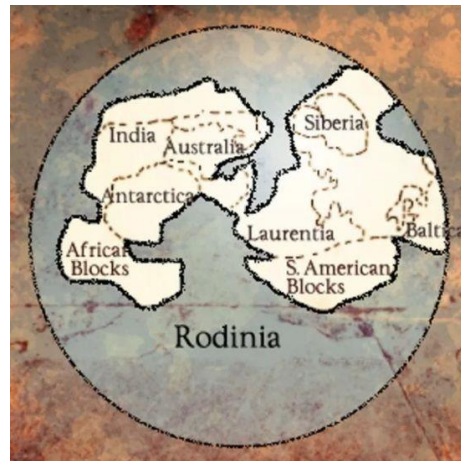


Fig. 19 Descripción gráfica de la tectónica de placas de Rodinia. Fuente: Google Images

Paleografía local: contexto del paleozoico medio – superior en Colombia.

Durante el Paleozoico medio superior, el elemento tectonoestratigráfico o terreno limitado por la falla de Guacáramo y por la falla Otú, que incluye la cordillera Oriental y se conoce como el terreno Chibcha, (Restrepo y Toussaint, 1988 en Cardona, 2012), presenta aparentemente el registro de diferentes eventos tectónicos de erosión, sedimentación, cambios en el nivel del mar y climáticos asociados a grandes sistemas orogénicos globales, (Cardona, 2012).

Durante el paleozoico temprano, este elemento tectonoestratigráfico habría experimentado una sedimentación seguida de un evento metamórfico y plutónico, relacionado probablemente en una colisión entre Gondwana y otro elemento tectónico desconocido (Ordoñez – Carmona et al., 2006 en Cardona, 2012).

En el terreno Chibcha, el Devónico comenzó con un periodo de intensa erosión de los relieves preexistentes, los cuales habían sido formados durante el paleozoico inferior. Durante el Emisiano (450 Ma), un mar de poca profundidad hizo transgresión, lo que inició un periodo de depositación. A finales del Devónico, el mar regresó a algunas regiones y se dieron algunos eventos tectono – metamórficos que afectaron algunos de los registros sedimentarios

existentes (Toussaint, 1993 en Cardona, 2012). Así mismo, el autor sugiere que para el carbonífero – pérmico, la sedimentación se relaciona con la depositación de importantes secuencias marinas, caracterizadas por sedimentos clásticos – calcáreos. A finales del carbonífero inferior, se generó una nueva trasgresión marina. Interrumpida por la generación de una serie de plegamientos suaves y la ausencia de metamorfismo y plutonismo, lo cual permitió el retiro del mar en casi toda la región (Toussaint, 1993 en Cardona, 2012).

Geotectónica en el municipio de Santiago.

El municipio de Santiago se encuentra ubicado en el sector NE de la cordillera oriental, cuyo estilo deformativo presenta una alta complejidad, debido a la alta interacción de las placas sudamericana, Nazca y Caribe (ver fig. 20). El cinturón Orogénico de los Andes ubicado al NW de la placa sudamericana, hace parte del bloque Norandino (Cediél et al., 2003 en Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019), el cual está dividido en diferentes provincias tectónicas, en la que el Bloque de Maracaibo representa su límite NE. Este bloque está limitado al W por la falla de Bucaramanga – Santa Marta, al N por la falla de Oca y al este limitado por la falla Boconó (Ayala et al., 2012 en Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019). Las principales provincias tectónicas que conforman el bloque de Maracaibo son los Andes de Mérida, La Serranía de Perijá, la cuenca de Catatumbo, y el Macizo de Santander. La zona norte de la cordillera oriental hace parte del bloque de Maracaibo y es considerada como un cinturón plegado y fallado activo, con doble convergencia, que se formó durante el Cenozoico como producto de la inversión tectónica de un rift de edad Mesozoica (Siravo et al., 2009 en Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019).



Fig. 20 Descripción gráfica de las placas Nazca, Sudamérica y Caribe. Fuente: Google Imagines

Una vez descrita la geología estructural regional y local, en el siguiente apartado se dará a conocer de manera general la descripción de las unidades geológicas presentes en el polígono oriental del municipio de Santiago, en función de la litología, la morfología y el orden cronológico:

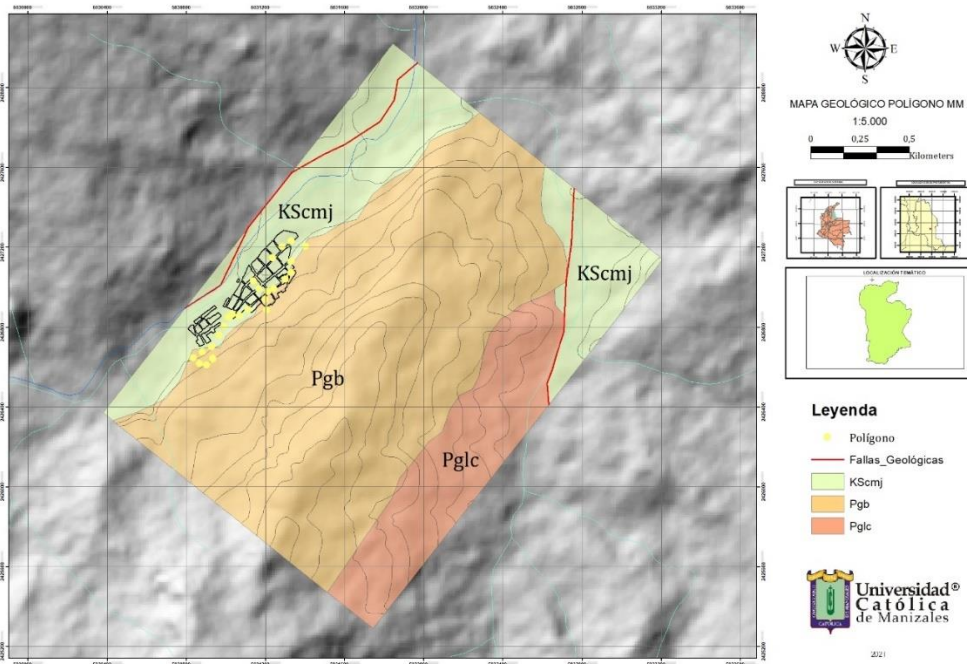


Fig. 21 Mapa Geológico, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

✚ **Formación Cuervos:** Según él (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019) la formación los Cuervos se presenta a lo largo del extremo este del municipio de Santiago formando parte del sinclinal el Zulia. El SGC (2016b), describe afloramientos en la quebrada Tablona, en la vía Zulia – Santiago, río Peralonso y el sector las Delicias. En zonas como en la vía el Zulia – Santiago los afloramientos de la formación los Cuervos presentan pendientes altas y con un alto número de procesos de remoción en masa, deslizamientos fracturas y diaclasas. Litológicamente la formación los Cuervos se caracteriza por presentar una intercalación de capas de arenita masiva bioturbada, de grano fino, con granos sub-redondeados y estratificación paralela con lodolitas arenosas de color gris, presencia de yeso, esporádicamente niveles de lodolitas calcáreas con concreciones de hasta 5 cm de diámetro.

✚ **Formación Barco (Pgb):** Según (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019) la formación Barco se presenta en forma de fajas en el extremo este y noroeste del municipio de Santiago sobre la vía Santiago – el Zulia, en la vereda el Pijón. Los afloramientos se presentan con alta pendiente y con ocurrencias de deslizamientos. Esta formación se caracteriza por presentar areniscas cuarzosas de color blanco, bien seleccionadas, micáceas, dispuestas en capas tabulares con estratificación cruzada e intercaladas con lodolitas grises y micáceas con estratificación plano – paralela. Sin embargo, en el trabajo de campo para escala 1:5000 la mayoría de exploraciones por el perímetro del polígono oriental arrojaban una calidad de roca de mala a muy mala en el que sus características iniciales han sido modificadas por completo debido a intensos procesos de erosión y meteorización (ver fig. 22-23), algunas muestras de areniscas cuarzosas características de la formación barco de color blanco y gris claro se sirvieron de indicador para asociarlas a la roca de origen. No obstante, se describen los depósitos a continuación: depósito coluvial matriz soportado de color grisáceo, su matriz es arcillosa y sus cantos y clastos son de color blanco y gris claro, tienen forma subredondeada a subangular, bien sorteada en su composición interna con clastos de finos a medios.



Fig. 22 -23 Litología meteorizada dispuesta en depósitos matriz soportados, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor



Fig. 24 Suelo residual, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

✚ **Formación Colón – Mito Juan (KScmj):** Según (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019) la formación Colón – Mito Juan se presenta al este de la falla Mercedes, en el centro y sur del municipio de Santiago en zonas aleñadas al casco urbano y sobre la vía el Zulia - Santiago, exhibiendo una geomorfología suave, colinas onduladas y afloramientos de baja a moderada pendiente. Litológicamente se encuentra compuesto por sales grises verdosos con sales limosos a arenosos (que aumentan hacia el tope), limolita y areniscas de grano muy fino (en el tope), según reporta SGC (2016).

En campo para escala 1:5000, con una dirección de buzamiento SW 243° se describe un afloramiento de rocas sedimentarias intercaladas en capas gruesas de arena y capas finas de limolitas (ver fig. 25-26). La litología corresponde a areniscas grises de grano fino a muy fino, con clastos redondeados a subredondeados, bien sorteados intercaladas con shales grises. La distribución mineralógica para la roca arenisca es: 83% cuarzo, 15% feldespatos y 2% líticos.



Fig. 25 Afloramiento formación Colón – Mito Juan, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor



Fig. 26 Afloramiento formación Colón – Mito Juan, Polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

6.1.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las fallas geológicas identificadas se describen a continuación:

Falla Guayabola., esta estructura se localiza en la parte central del municipio y su trazo presenta una dirección predominante N44°E y una longitud 11 km, terminando hacia el norte en la falla Hedionda. La falla Guayabola se describe como una falla inversa con buzamiento hacia el este, afectando las rocas de las formaciones la Luna, Barco y Colón – Mito Juan. Entre sus indicadores morfoestructurales predominan los cambios de pendiente a lo largo de su trazo, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019).

Falla Hedionda., se ubica en el este de Santiago, con una dirección predominante N10°E y una longitud de aproximadamente 15,5 km. La estructura corresponde a una falla de cabalgamiento

con buzamiento hacia el este, la cual pone en contacto la formación Colón – Mito Juan hacia el este, con las rocas de las formaciones Barco, Mirador y Cuervos. Esta estructura representa el límite oeste de una estructura plegada regional anticlinal de los compadres, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019).

6.1.2 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS)

Las unidades geológicas superficiales son el conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno, sobre el cual se pueden desarrollar horizontes de hasta el orden de decenas de metros, incluyendo rocas con diferentes grados de meteorización, suelos y depósitos no consolidados según su origen, ((Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)). Por consiguiente, se describen las Unidades Geológicas Superficiales Halladas para el polígono oriental de Santiago:

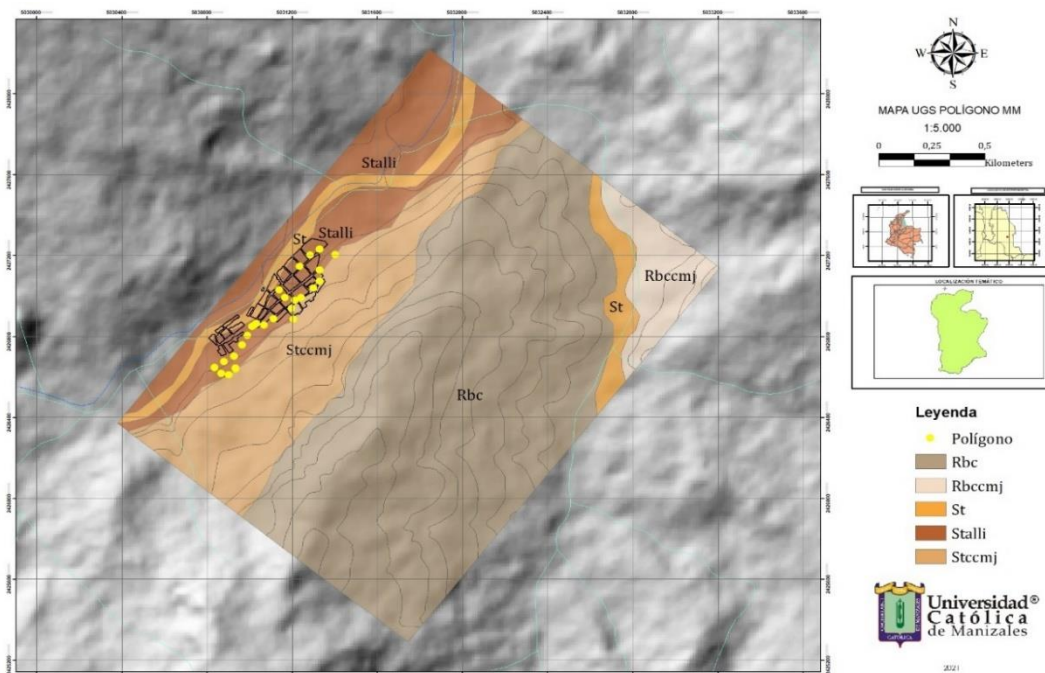


Fig. 27 Mapa de Unidades Geológicas Superficiales, Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

- ✚ **Roca blanda de lodolitas, areniscas y arcillolitas (Rbc):** Según (Servicio Geológico Colombiano (SGC) - Universidad Industrial de Santander (UIS) , 2022)), esta unidad representa el 3% del área total del municipio, abarcando un área de 519 ha, hace parte de planchas y laderas estructurales. Litológicamente corresponde a lodolitas grises oscuras de grano muy fino, arcillolitas carbonáceas, las cuales se encuentran intercaladas con areniscas de grano fino y mantos de carbón. Estas unidades no abarcaron el recorrido poligonal sin embargo se incluyeron dentro de la ventana cartográfica para proyecciones de actualización total del perímetro urbano, por ende, la descripción está sujeta a la evaluación del autor citado anteriormente.

- ✚ **Roca blanda de lodolitas, areniscas y calizas (Rbccmj):** Según (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019) esta unidad representa el 11,3 % del área total del municipio, abarcando un área de 1955,4 ha, hace parte de laderas onduladas y laderas disectadas con pendientes muy bajas. En términos generales la formación Colón – Mito Juan presenta pocos afloramientos debido a su bajo buzamiento y su alto grado de erosión y meteorización, la roca opuesta observada se encuentra al borde de los cortes viales Inter veredales.

- ✚ **Suelo transportado de tipo aluvial de llanura de inundación (Stalli):** según (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019), las unidades de origen aluvial adyacentes a los drenajes formando planicies que son inmediatamente inundables en las crecidas de agua y que incluyen las zonas que durante los últimos años han presentado flujo de agua continuo o intermitente. Durante el recorrido en campo se observó este tipo de material al finalizar el recorrido de trazo para el polígono oriental, particularmente en el drenaje la Hedionda que conecta de forma perpendicular con el río principal Peralonso. Este suelo transportado enmarca el área del estadio Ramón Durán de Santiago transportando algunas veces clastos, cantos y bloques que se dirigen hasta la vía

principal del casco urbano. Cabe resaltar que esta unidad geológica superficial junto a unidades de suelo transportado de tipo coluvial enmarca la totalidad del área oriental con áreas críticas para movimientos en masa reportados en el apartado de antecedentes históricos.

✚ **Suelo transportado de tipo coluvial (Stccmj):** Según (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019) esta unidad representa el 3,6 % del área total del municipio, abarcando un área de 625, 8 ha. Son suelos de material suelto originados por movimientos gravitacionales recientes sobre las laderas o movimientos en masa antiguos. La composición varía según el material movilizado. En el área de estudio estos suelos están constituidos por fragmentos de sales, areniscas, lodolitas, calizas, esquistos y anfibolitas.

Durante el recorrido en campo se reportaron varios depósitos de tipo matriz soportado con material de suelo de tipo coluvial obedeciendo a desprendimientos de altas pendientes en el sector oriental del perímetro urbano. Esta unidad hace parte de una unidad que se considera hizo parte de una ladera estructural que después de intensos procesos de meteorización y erosión conforma un lomo desnudo moderado de longitud larga. Además de esto, las unidades hacen parte de escalonamientos y coronas que conforman sectores con desplazamientos de suelo o deslizamiento.

6.2 UNIDADES GEOMOFOLÓGICAS

La geomorfología es la ciencia que trata la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y actuales del terreno y su relación con las estructuras infrayacentes. Está enfocada en el análisis de la superficie de la tierra, donde interactúan la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera, y la biosfera, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022). Igualmente, las geoformas por definición son la expresión

superficial del terreno, de la interacción dependiente de los materiales que las constituyen y su disposición estructural, de la morfodinámica que interactúa según el ambiente morfogenético específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de los mencionados procesos (Gregory, 1978, en Keller y Rockwell, 1984, y Robertson, 1990 en Carvajal, 2011).

Por consiguiente, se describen las unidades geomorfológicas encontradas en el área:

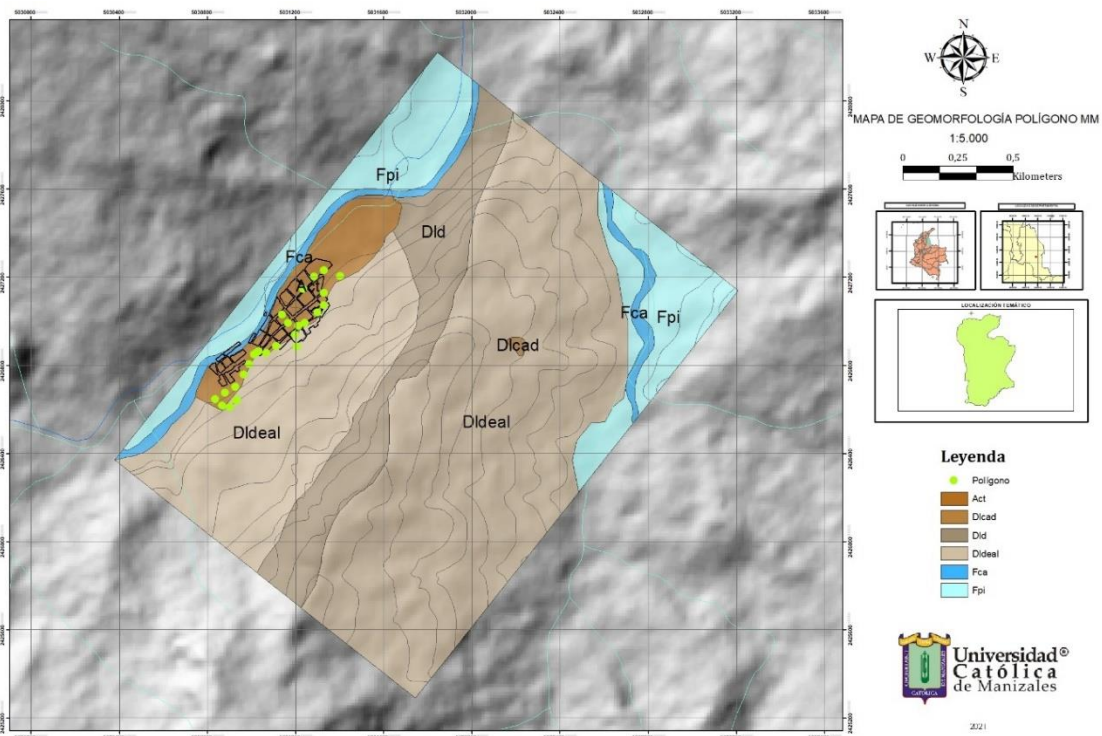


Fig. 28 Mapa de Unidades Geomorfológicas, Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

- **Unidades de Origen Fluvial.**

Las geoformas del ambiente fluvial y lagunar, corresponden a las geoformas generadas por procesos de erosión, sedimentación, generadas por corrientes de agua, tales como ríos, arroyos, lagos y lagunas respectivamente, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera

Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022). A continuación, se describen las unidades encontradas:

Cauce aluvial (Fca):

Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022). El cauce aluvial principal corresponde al río Peralonso que bordea el occidente del municipio (ver fig.29)



Fig. 29 Geoforma de Cauce Aluvial (Fca.), Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

Plano o llanura de inundación (Fpi):

Corresponde a una unidad geomorfológica de forma plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando el cauce aluvial, donde es limitado localmente por escarpes

de terraza. Mayoritariamente compuestos por sedimentos de grano fino, originados durante eventos de inundación aluvial. Se presentan como superficies, estrechas, alargadas y profundas, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), S,f).

- **Unidades de origen denudacional**

Esta unidad se relaciona a las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y fluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes, así mismo, crean nuevas geoformas por la acumulación de sedimentos, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

A continuación, se describen las unidades encontradas:

- ** Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeal):**

Esta geoforma tiene un índice de relieve relativo entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal es mayor que 1000 m; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de erosión del río principal o eje geomorfológico, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), S,f). Esta Geoforma corresponde al cerro la cruz que enmarca el 80% del polígono oriental estudiado (ver fig. 30).



Fig. 30 Geoforma de lomo denudado (Dldeal.), Santiago, Norte de Santander. Fuente: Google Earth

Loma denudada (Dld):

Prominencia topográfica con una altura menor de 200 msnm de base local, con una morfología alomada y elongada, laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas. Su origen es relacionado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial. Se caracteriza por presentar movimientos en masa y procesos erosivos intensos, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), S,f).

Lóbulo y cono de avalancha de detritos (Dlcad):

Estructura en forma de lóbulo o abanico de morfología alomada con una longitud larga a muy larga, convexa y pendientes naturales inclinadas a muy inclinadas. Su origen es relacionado a avalanchas torrenciales no canalizadas inducidas por eventos sísmicos o lluvias intensas, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), S,f). Lóbulo de detritos en el sector rural de Santiago, Norte de Santander (fig. 31).



Fig. 31 Geoforma de lóbulo de detritos (Dlcad.), Santiago, Norte de Santander. Fuente: Google Earth

- **Unidades de Origen Antrópico**

Las geoformas del ambiente antropogénico, corresponden a las geoformas del terreno productos de la actividad del hombre que modifica la superficie de la tierra, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), S,f)

A continuación, se describe las geoformas halladas.

- **Centro Poblado (Act):**

Corresponde al perímetro urbano, con viviendas concentradas que albergan servicios públicos, sociales, administrativos y culturales. Estos a su vez atienden la población dispersa de las veredas en su área de influencia, (Planeación, 2020).

6.3 PENDIENTES

Como se observa en el mapa de pendientes el suelo urbano de Santiago, presenta una superficie de relieve montañoso, con múltiples rangos de pendientes que reflejan los continuos procesos erosivos que han modelado el paisaje. El relieve con pendientes que van de inclinadas, moderadamente empinadas y muy empinadas abarcan la mayor parte del área de estudio, seguido de pendientes planas, suaves y extremadamente empinadas (ver fig. 32).

En términos detallados, con 1510550 m de área y un equivalente de 36,71 % las pendientes moderadamente empinadas se distribuyen a lo largo de la ventana cartográfica, a su vez, con 1324366 m de área y un equivalente de 32,19 % las pendientes muy empinadas se distribuyen en la totalidad de la ventana de estudio cubriendo las terceras partes de la misma. Con 634610 m de área y un equivalente de 15,42 % del área total, las pendientes inclinadas se distribuyen en el este del municipio y en algunos sectores del occidente del área urbana (ver tabla 6).

Además, con 314796 m de área y un equivalente de 7,64 % las pendientes extremadamente empinadas se distribuyen a lo largo de un contrapendiente estructural, que en la actualidad mantiene mayormente una geoforma de lomo denudado moderado de longitud larga y en la base de la ladera del cerro la cruz debido a los intensos procesos denudativos que enmarcan el perímetro urbano.

Finalmente, las pendientes suavemente inclinadas con 227002 m y un equivalente de 5,51 % del área total y con un área de 102798 m y un equivalente de 2,49 % para pendientes planas y casi planas se concentran mayormente en la base del polígono estudiado, haciendo parte del ambiente antropogénico centro urbanizado, (tabla 6).

Pendientes (%)	Descripción	Área (m)	Porcentaje
2-2	Plano o casi plano	102798	2,49
3-7	Suavemente inclinado	227002	5,51
8-13	Inclinado	634610	15,42
14-20	Moderadamente empinado	1510552	36,71
56-140	Muy empinado	1324366	32,19
>140	Extremadamente empinado	314696	7,64

Tabla. 6. Porcentaje de área para distribución de pendientes en el polígono oriental, Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

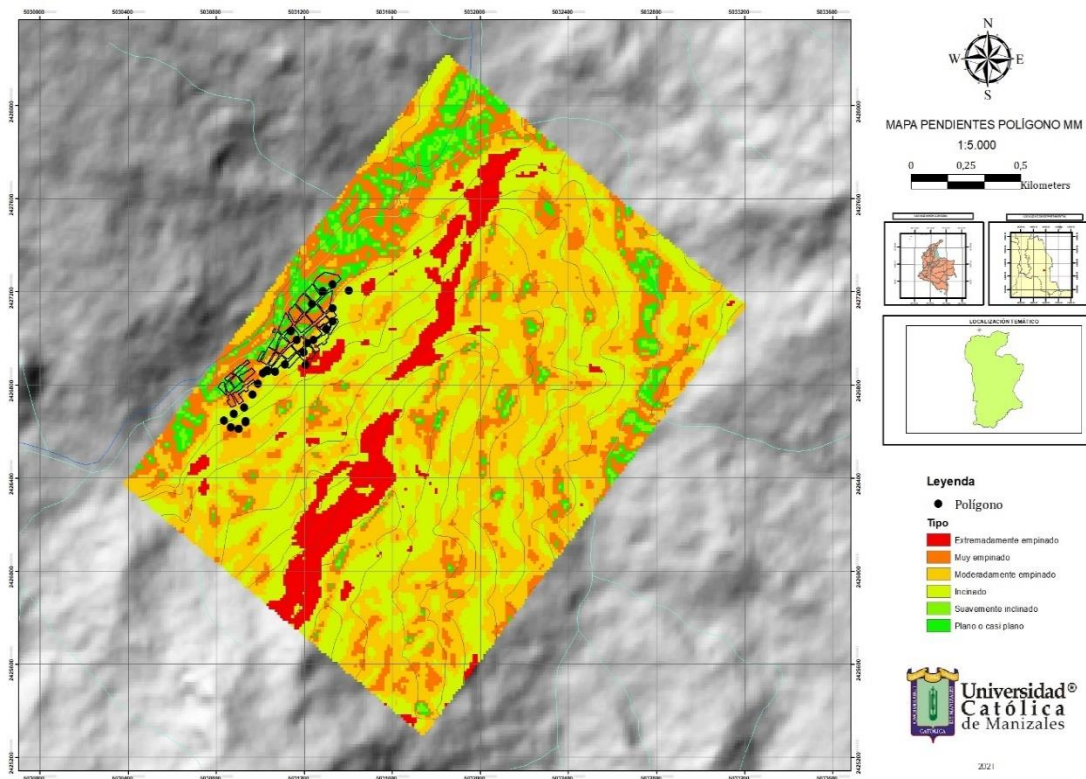


Fig. 32 Mapa de pendientes, Polígono Oriental - Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

6.4 COBERTURAS Y USOS DEL SUELO

Las coberturas de suelo son aquellos materiales biofísicos que se observan sobre la superficie de la tierra, tanto si son de origen natural (bosques, afloramientos rocosos, lagos, etc.) o antrópicos (zonas residenciales, carreteras, cultivos, etc.), siendo distinto del término uso del suelo que se relaciona con las asignaciones derivadas de la actividad humana en un territorio (uso de ganadería, uso agrícola, uso para minería). Por eso, la temática de uso y cobertura del suelo proporciona información fundamental para diversos procesos como el conflicto de uso del territorio, seguimiento a la deforestación de los bosques, la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, ordenamiento de cuencas y del territorio e inventarios forestales.

Como se observa en la tabla a continuación, existen porcentajes predominantes para coberturas y usos., con un porcentaje de 27,83 % para bosques abiertos bajos de tierra firme, seguido de vegetación secundaria baja con un 12,08 %, así mismo, los pastos arbolados con 10,42% y el asentamiento urbano con un porcentaje de 8,44% para uso del suelo (ver tabla7). Finalmente, para el 40% restante de usos y coberturas se distribuyen entre vegetación secundaria alta, pastos enmalezados, bosque alto denso de tierra firme, pastos degradados, pastos limpios, bosques de galería arbolado, ríos, vegetación secundaria, mosaico de pastos con espacios naturales, pana, bosque fragmentado con vegetación secundaria y mosaico de cultivos (ver fig. 33).

Cod_Cob	Nomb_Cob	Nombre_uso	ÁREAS	Porcentaje %
3231	Vegetación secundaria alta	Producción y Protección	43908	1,92
233	Pastos enmalezados	Sistema combinados de ganadería y forestería	232001	10,1
3232	Vegetación secundaria baja	Otros usos	276131	12,08
31111	Bosque alto denso de tierra firme	Conservación	91671	4
3234	Pastos degradados	Ganadería	80912	3,5
231	Pastos limpios	Pastoreo intensivo	24537	1,07
3142	Bosques de galería arbolado	Protección	45411	1,98
511	Ríos	Cuerpos de agua natural	29751	1,3
31221	Bosque abierto bajo de tierra firme	Protección	636059	27,83
232	Pastos arbolados	Pastoreo intensivo	238536	10,42
3231	Vegetación secundaria	Conservación	121559	5,31
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	Producción y protección	93922	4,11
1112	Asentamiento	Residencial	193008	8,44
	Pana	Ganadería	29053	1,27
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Producción y protección	26117	1,14
241	Mosaico de cultivos	Cultivos permanentes semintensivos	122570	5,36

Tabla. 7. Coberturas y Usos de Suelo con los mayores porcentajes de ocupación del polígono oriental.

Fuente: Autor

A continuación, se realiza una descripción general de los ítems principales de coberturas y usos de suelo mencionados en la tabla anterior.

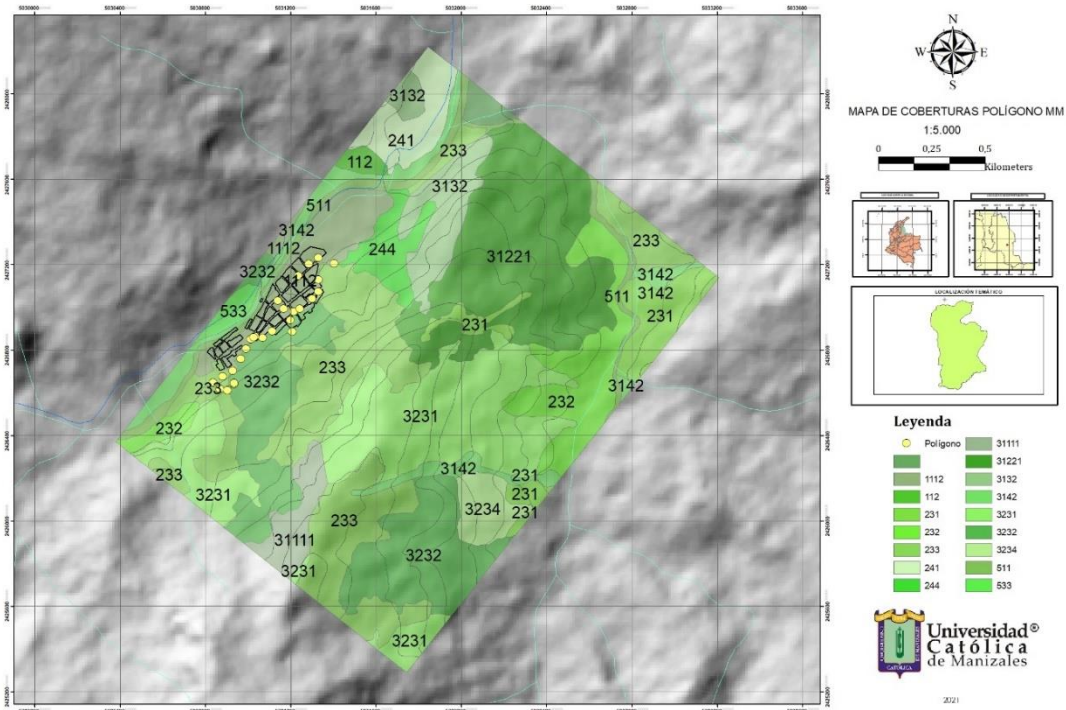


Fig. 33 Mapa de Usos y Coberturas del Suelo, Polígono Oriental - Santiago, Norte de Santander. Fuente: Autor

▪ **Territorio Agrícola**

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas (IDEAM, 2010).

Pastos enmalezados

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Pastos limpios

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Pastos arbolados

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

Pastos degradados

Son aquellas coberturas en donde se denotan pastos que han sido ampliamente trabajados y degradados, así como también, se puede observar un patrón de formaciones rocosas de carácter lítico sobre la superficie, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019)

Mosaico de pastos con espacios naturales

Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus

características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona - UP, 2022).

Mosaico de cultivos y espacios naturales

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022).

▪ **Bosques y Áreas Seminaturales**

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación (IDEAM, 2010).

Vegetación secundaria o en transición

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona - UP, 2022).

Bosque abierto alto

Cobertura compuesta por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreas, regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas discontinuo, con altura del dosel superior a 15 m, (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2019)

Bosque de galería arbolado

Coberturas constituidas por vegetación arbórea, ubicada en las márgenes de cursos de aguas permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

Bosque denso

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

Bosque fragmentado con vegetación secundaria

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros, (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP, 2022)

6.5 AMENAZA

6.5.1 Evaluación de la amenaza por movimiento en masa para el polígono oriental.

Una vez obtenidos los mapas anteriormente descritos, correspondientes a Geología, Unidades Geológicas Superficiales, Geomorfología, Pendientes y Coberturas se procede a evaluar cada una de las unidades y subunidades trazadas para cada mapeo (ver tablas 8-9-10-11-12). Una vez obtenida la tabla de atributos se asignan ponderaciones con valores entre un rango de 1- 10, siendo los números cercanos a uno los que menos representan valor e incidencia en la generación de movimientos en masa y siendo los números cercanos a diez los que mayor incidencia tienen en la generación de movimientos en masa en el polígono oriental., por ejemplo: si existen pendientes identificadas en el área de tipo planas y moderadas se asignan valores bajos ya que las pendientes no son incidentes para generación de movimientos en masa, sin embargo, en el caso de pendientes inclinadas a extremadamente inclinadas además de calidad de suelo muy mala, se asignan pesos mayores, ya que estos condicionantes son altamente incidentes en generación de movimientos en masa y junto a factores detonantes pueden desencadenar desplazamientos ladera abajo. A continuación, se exponen las tablas para cada mapeo con sus respectivas ponderaciones.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN USO Y COBERTURAS	PONDERACIÓN	NOMENCLATURA	NOMBRE UGEOM	PONDER
3231	Vegetación secundaria alta	2,5	Lomo denudado moderado de longitud larga	Dideal	3
233	Pastos enmalezados	3	Cauce aluvial	Fca	0
3232	Vegetación secundaria baja	2,5	Centro poblado	Act	0
31111	Bosque alto denso de tierra firme	1	Plano o llanura de inundación	Fpi	0
3234	Pastos degradados	3	Loma denudada	Dld	5
231	Pastos limpios	3,5	Lobulo de detritos	Dlcad	6
3142	Bosques de galería arbolado	1,5			
231	Pastos limpios	3,5			
3142	Bosque de galería arbolado	2			
511	Ríos	1			
31221	Bosque abierto bajo de tierra firme	2,5			
232	Pastos arbolados	2,5			
3231	Vegetación secundaria	2,5			
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	3			
1112	Asentamiento	0			
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2			
241	Mosaico de cultivos	3			
112	Asentamiento	0			
533	Pastos enmalezados	3			

PENDIENTES %	VALOR RM	PESOS
2-2	Plano o casi plano	2
3-7	Suavemente inclinado	3
8-13	Inclinado	5
14-20	Moderadamente empinado	4
56-140	Muy empinado	8
>140	Extremadamente empinado	10

NOMENCLATURA GEO	DEFINICIÓN	PONDERACIÓN
Pgb	Formación Barco	1
Pglc	Formación los Cuervos	2
KScmj	Formación Colón - Mito Juan	2

NOMENCLATURA UGS	OBSERVACIÓN	PONDERACIÓN
Stalli	Suelo transportado de tipo aluvial de llanura de inundación	0
St	Suelo transportado	6
Rbc	Roca blanda de lodolitas, areniscas y areniscas	7
Rbccmj	Roca blanda de lodolitas, areniscas y calizas	7
Stccmj	Suelo transportado de tipo coluvial	6

Tablas. 8-9-10. Ponderaciones para cada categoría de mapeo (Coberturas, Geomorfología y Pendientes)

Fuente: Autor **Tablas. 11-12. Ponderaciones para cada categoría de mapeo (Geología, Unidades Geológicas Superficiales) Fuente: Autor**

Una vez dadas las ponderaciones se genera una combinación o intersect de los mapas o insumos construidos, el cual generará un nuevo shape file con un número determinado de polígonos, para el que se necesita exportar a Excel y adecuar las ponderaciones para cada uno de estos según los valores ya establecidos en las tablas anteriores. Una vez asignados se realiza la suma de cada uno de estos junto a la división por la cantidad de insumos construidos y se saca un promedio acorde a los valores para determinar si los niveles de amenaza han sido, bajos, medios u altos para movimientos en masa en el polígono oriental, obteniéndose como resultado el mapa a continuación, (ver fig. 34).

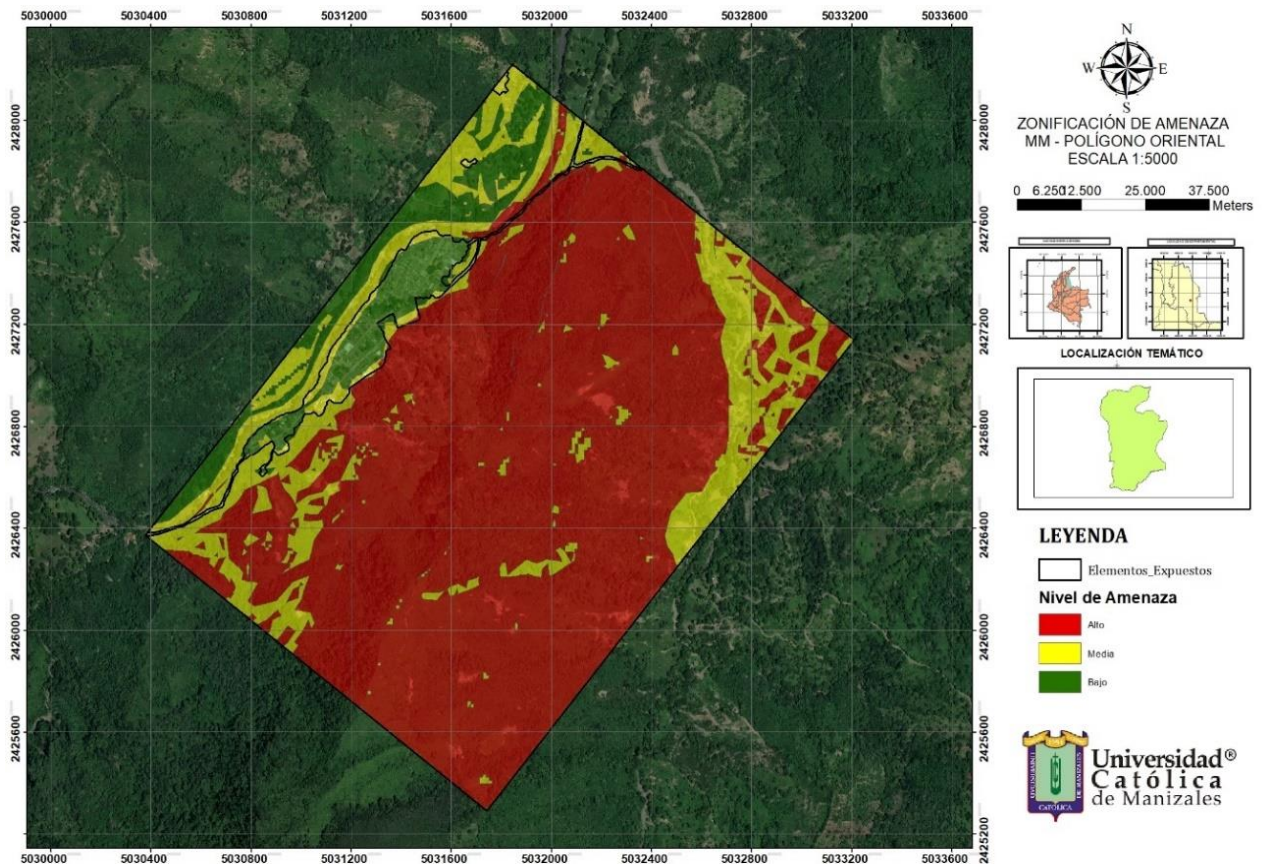


Fig. 34 Mapa de Amenaza para movimiento en masa, polígono Oriental, Santiago, Norte de Santander. Producto final. Fuente: Autor

Como se aprecia en el mapa, la mayor parte del polígono oriental se encuentra enmarcado dentro de un nivel de amenaza alto para movimiento en masa, con una totalidad de área de 2,9634 km y un equivalente de 72,16 % del área total, seguido de un nivel de amenaza medio con un área de 0,796 km y un equivalente de 19,38 % del área total, finalmente con un área de 0,347 km el área con un nivel de amenaza bajo para movimientos en masa equivale al 8,45 % del área total de estudio.

7. DISCUSIÓN

Los principales hallazgos de este estudio se tornan con base a los niveles de amenaza determinados para el polígono oriental del municipio de Santiago, a través del método heurístico. No obstante, con el recorrido realizado en campo se pudieron evaluar condiciones propias del polígono oriental, pudiéndose categorizar los insumos requeridos para determinación de amenaza., sin embargo, para evaluar ítems como la litología y la geología estructural es necesario abarcar un polígono amplio que genere el cubrimiento total de la ventana cartográfica trazada y a su vez se pueda disminuir el margen de error en la aplicabilidad de la metodología. Por consiguiente, es importante destacar que el presente estudio puede presentarse como un antesala de cómo se puede generar un estudio básico para escala 1:5000 en municipios de quinta y sexta categoría que requieren de apoyo técnico, científico y económico para la construcción de los componentes de riesgo y amenaza conformando los parámetros necesarios para las construcción de los planes de ordenamiento territorial (POT)., esto con el apoyo de estudios cualitativos y cuantitativos que no generen costos muy altos, como lo muestra el trabajo expuesto anteriormente, dándose de este modo la viabilidad hacia el cumplimiento a las políticas enmarcadas dentro de la ley 388 de 1997 y el decreto 1232 del 2020 que buscan organizar el territorio de forma segura y dirigida hacia el desarrollo económico sostenible.

Del mismo modo, se reconoce a través de los resultados, cómo la amenaza para los barrios la Cruz y el Centro del polígono oriental está situada en niveles moderados y altos de amenaza por movimiento en masa, con condicionantes de suelo que van desde rocas de calidad muy mala a suelos residuales, dentro de pendientes inclinadas, moderadamente empinadas y muy empinadas que junto al uso del suelo y a factores detonantes pueden generar situaciones de emergencia futura, afectando alrededor de 40 viviendas equivalentes a 45 familias. La situación se hace aún más crítica cuando se conoce a través de fuentes institucionales oficiales, el estado de desactualización del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Santiago, con cartografías construidas en el año 2000, con una secuencia de eventos históricos marcados que han representado pérdidas materiales,

económicas, patrimoniales y que sin duda siguen manteniendo un estado de vulnerabilidad física, económica, social, entre otras, ante posibles eventos de remoción en masa.

Finalmente, el método Heurístico representa una solución para los territorios que requieren subsanar la brecha del desconocimiento y tomar acciones encaminadas hacia la gestión del riesgo de desastres. No obstante, es importante soportar los datos a través de recorridos en campo, es decir, a través de la construcción de información primaria que permitan resolver y determinar los niveles de amenaza para cualquier fenómeno amenazante, con evaluaciones cualitativas y cuantitativas que disminuyan parcial y totalmente los posibles errores en el momento de la determinación de la amenaza.

8. CONCLUSIONES

- Se determinó la amenaza por movimiento en masa a escala 1:5000 para el polígono oriental del municipio de Santiago, Norte de Santander, conformado por los barrios la cruz y centro, a través del método heurístico cumpliendo con la finalidad de contribuir en la realización de conocimiento de gestión del riesgo municipal.
- Se promovió el conocimiento de la amenaza por movimiento en masa como parte del componente de riesgo exigido dentro de la ley 388 de 1997 para la realización de estudios básicos dentro del esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio de Santiago, ya que se logró exponer el trabajo para la administración municipal logrando dar inicio a la etapa de actualización del EOT, cumpliendo en la actualidad con la etapa prediagnóstico y diagnóstico.
- Se elaboró una hoja de ruta para la aplicación de la metodología heurística como recurso de apoyo en la elaboración del mapa de movimiento en masa del perímetro urbano total del municipio, aceptándose como la metodología oficial a emplear en la construcción del mapa oficial de amenaza proyectado por planeación municipal de Santiago para el año 2023.

- Se proporcionó un insumo para la administración municipal con la finalidad de dar cumplimiento a las exigencias para cada componente dentro del decreto 1232 de 2020.
- La metodología heurística se cumplió bajo todos los parámetros requeridos para determinación de los insumos con el objetivo de la construcción del mapa de amenaza por movimiento en masa para el polígono oriental del municipio de Santiago, Norte de Santander.
- La participación institucional y social del municipio frente a temáticas de riesgo de desastres ha sido baja y requiere fortalecimiento gradual.
- Los insumos de riesgo de desastres para escala 1:5000 en el municipio de Santiago requieren actualización y/o construcción para efectos de conformación del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio, ya que los insumos proporcionados por planeación municipal ya no obedecen a la realidad territorial.
- Los tipos de vulnerabilidad junto a los niveles del mismo requieren construcción para que junto a la amenaza ya determinada se logre la determinación de los niveles de riesgo.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Actualizar los insumos de riesgo y amenaza para escala 1:5000 dentro del municipio de Santiago. Esto se sugiere para fenómenos de Movimiento en masa, Inundación y Avenida Torrencial.
- ✓ Incentivar la apropiación sectorial del conocimiento del riesgo, es decir, que, desde las instituciones públicas y privadas, además de las comunidades logren familiarizarse con la realidad de sus territorios.
- ✓ Promover la inversión honesta en aspectos de riesgo dentro de las instituciones.
- ✓ Hacer uso de las políticas públicas para asignación de ayudas en aspectos de conocimiento de riesgo (ley 1523 de 2012) por parte de las instituciones nacionales y departamentales.

- ✓ Actualizar todos los aspectos importantes y exigidos dentro de los planes de ordenamiento territorial, como: institucionalidad, medio ambiente, funcionalidad, economía, sociedad y cultura, con la finalidad de conocer las fortalezas y vulnerabilidades del territorio.
- ✓ Construir sectores dinámicos y de liderazgo veredal y municipal con la finalidad de crear líneas de comunicación de aspectos importantes del riesgo y amenaza dentro del territorio.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cardona, Y. V. (2012). *Análisis de Porcedencia en Areniscas Cuarzosas del Devónico - Carbonífero de la Formación Floresta (Norte de Santander): consideraciones paleogeográficas regionales*. Medellín - Antioquia: Escuela de Ingeniería .
- Carvajal, J. H. (2011). *Propuesta de estandarización de la cartografía cartográfica de Colombia*. Bogotá: INGEOMINAS.
- CORANTIOQUIA & CORNARE . (2016). *POMCA RÍO NARE*. Consorcio Pomcas Oriente Antioqueño : Ministerio de Ambiente, Colombia.
- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR & Universidad de Pamplona -UP. (2022). *AUNAR ESFUERZOS TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS Y HUMANOS EN LA ELABORACIÓN DE LOS INSUMOS NECESARIOS PARA QUE LOS MUNICIPIOS INCORPOREN LA GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, A TRAVÉS DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS PARA LOS FENÓM.* Cúcuta: Universidad de Pamplona.
- Elorza, M. G. (2008). *GEOMORFOLOGÍA*. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN.
- Escuela Colombiana de Ingeniería. Centro de Estudios Hidráulicos y Ambientales. (S,f). *Hidráulica fluvial. Conceptos generales sobre morfología, dinámica y el transporte de sedimentos en ríos aluviales. Ecuaciones y métodos de uso más extendido para su evaluación y cálculo.* . Obtenido de Patrones de drenaje y pendientes: https://transportesedimentos.tripod.com/esp/pagina_nueva_12.htm
- EVA, Espacio Virtual de Asesoría . (1 de Noviembre de 2022). *Función Pública*. Obtenido de Ley 388 de 1997: <https://www.funcionpublica.gov.co/web/eva>
- Fernández, S. C. (S,f). *Concepto y Desarrollo Histórico de la Geología*. Salamanca.
- Iriondo, M. H. (1985). *Introducción a la Geología*. Córdoba - Argentina : Editorial Brujas .

- Molina, J. J. (S,f). TÉCNICA PARA CREAR E IDENTIFICAR MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA USANDO APLICACIONES SIG. *Povided by Repositorio Documental UMNG*, 5-6.
- Planeación, S. D. (2020). *Alcaldía Distrital de Bogotá Página Oficial*. Obtenido de Alcaldía Distrital de Bogotá Página Oficial: www.sdp.gov.co
- Salazar, L. E. (2017). *Análisis de susceptibilidad territorial a movimeintos en masa en el municipio de San Antonio de Oriente, de Honduras*. . Honduras.
- Secretaría de Planeación - Municipio de Santiago, Norte de Santander. . (2022). *Actas referentes a los eventos presentados en la temporada de lluvia para el año 2022*. Santiago, Norte de Santander: Alcaldía del Municipio de Santiago .
- Servicio Geológico Colombiano - SGC. (2017). *CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA Y SU DISTRIBUCIÓN EN TERRENOS GEOLÓGICOS DE COLOMBIA*. Bogotá: Luis Eduardo Vásques Salamanca .
- Servicio Geológico Colombiano & Universidad Industrial de Santander. (2015). *Memoria explciativa del mapa geomorfológcio aplciado a movimientos en masa a escala 1:100.000 plancha 111BIS - La Chata*. Bucaramanga: SGC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC) - Universidad Industrial de Santander (UIS) . (2022). *Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa del Municipio de Santiago (Norte de Santander) a escala 1:25.000*. Bucaramanga, Colombia.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2017). *Las Amenazas por Movimientos en Masa. Una visión a escala 1:100.000*. Bogotá.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2019). *Zonificación de la Amenaza por Movimientios en Masa del Municipio de Santiago (Norte de Santander) a escala 1:25.000*. Bucaramanga: Unversidad Industrial de Santander (UIS).
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (S,f). *Glosario de Unidades y Subunidades Geomorfológicas*. Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano.
- Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA). (2017). *Reporte de Registros de Inventario de Encontrados para Santiago, Norte de Santander*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano (SGC).
- Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres . (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes*. Bogotá: UNGRD.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres . (S,f). *Movimeintos en masa en Colombia, ¿dónde ocurren y cuáles son sus principales causas?* Bogotá, Colombia: Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD. (2016). *Articulación de instrumentos de Planificación para la Gestión del Riesgo de Desastres*. . Bogotá, D.C., : Cros Digital SL.

Universidad Nacional de Colombia. (06 de Septiembre de 2020). *Instituto de Estudios Urbanos - IEU* . Obtenido de El 88% de los Municipios de Colombia tienen el POT desactualizado: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.: <http://ieu.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/el-88-de-los-municipios-de-colombia-tienen-el-pot-desactualizado-ministerio-de-vivienda-ciudad-y-territorio>

11. ANEXOS

MAPA DE AMENAZA ELABORADO COMO INUSMO DE APOORTE A LA CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE AMENAZA POR MOVIMEINTO EN MASA A ESCALA 1:5000 DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO, NORTE DE SANTANDER, QUIEN CUENTA CON ESTUDIOS DEL AÑO 2000 Y AUSENCIA DE FORMATOS SHAPE FILE QUE PERMITAN LA VERIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE.

